



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DISEÑO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO, EN EL VALLE ACUÍCOLA QUILLÁN, TUNGURAHUA – ECUADOR, 2021”

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

Autoras:

Llugsha Moreta Nataly Marisol

Tuso Toapanta Irma Natalia

Tutora:

Fonseca Largo Kalina Marcela Ing. M.Sc.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nataly Marisol Llugsha Moreta, con cédula de ciudadanía **No. 1805059084**; y **Irma Natalia Tuso Toapanta**, con cédula de ciudadanía **No. 1804036695**; declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: **“Evaluación de la calidad del agua y diseño de un sistema alternativo de tratamiento, en el valle acuícola Quillán, Tungurahua – Ecuador, 2021”**, siendo la **Ingeniera M.Sc. Kalina Marcela Fonseca Largo**, Tutora 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, 17 de agosto del 2021

Nataly Marisol Llugsha Moreta

Estudiante

C.C. 1805059084

Irma Natalia Tuso Toapanta

Estudiante

C.C. 1804036695

Ing. M.Sc. Kalina Marcela Fonseca Largo

Docente Tutor

C.C. 1723534457

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 **NATALY MARISOL LLUGSHA MORETA**, identificada con cédula de ciudadanía **1805059084** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, 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: CLAUSULA 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 **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DISEÑO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO, EN EL VALLE ACUÍCOLA QUILLÁN, TUNGURAHUA – ECUADOR, 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: Octubre 2016 – Marzo 2017

Finalización: Abril - Agosto 2021.

Aprobación en Consejo Directivo. - 20 de mayo del 2021.

Tutor: Ing. M.Sc. Kalina Marcela Fonseca Largo.

Tema: “Evaluación de la calidad del agua y diseño de un sistema alternativo de tratamiento, en el valle acuícola Quillán, Tungurahua – Ecuador, 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de agosto del 2021.

Nataly Marisol Llugsha Moreta

LA CEDENTE

M.B.A Cristian Fabricio Tinajero Jiménez

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 **IRMA NATALIA TUSO TOAPANTA**, identificada con cédula de ciudadanía **1804036695** de estado civil casada, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, 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: CLAUSULA 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 **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DISEÑO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO, EN EL VALLE ACUÍCOLA QUILLÁN, TUNGURAHUA – ECUADOR, 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: Octubre 2016 – Marzo 2017

Finalización: Abril - Agosto 2021.

Aprobación en Consejo Directivo. - 20 de mayo del 2021.

Tutor: Ing. M.Sc. Kalina Marcela Fonseca Largo.

Tema: “Evaluación de la calidad del agua y diseño de un sistema alternativo de tratamiento, en el valle acuícola Quillán, Tungurahua – Ecuador, 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.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de agosto del 2021.

Irma Natalia Tuso Toapanta

LA CEDENTE

M.B.A Cristian Fabricio Tinajero Jiménez

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“Evaluación de la calidad del agua y diseño de un sistema alternativo de tratamiento, en el valle acuícola Quillán, Tungurahua – Ecuador, 2021”, de Llugsha Moreta Nataly Marisol y Tusó Toapanta Irma Natalia, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación, al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 de agosto del 2021

Ing. M.Sc. Kalina Marcela Fonseca Largo

DOCENTE TUTOR

C.C. 1723534457

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, las postulantes: Llugsha Moreta Nataly Marisol y Tuso Toapanta Irma Natalia, con el título de Proyecto de Investigación: “Evaluación de la calidad del agua y diseño de un sistema alternativo de tratamiento, en el valle acuícola Quillán, Tungurahua – Ecuador, 2021”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Latacunga, 17 de agosto del 2021

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

Lector 1 (Presidenta)

Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

C.C. 0604147900

Lector 2

Ing. M.Sc. Caterine Isabel Donoso Quimbita

C.C. 0502507536

Lector 3

Ing. M.Sc. José Luis Ágreda Oña

C.C. 0401332101

AGRADECIMIENTO

Por el amor, la constancia y el apoyo incondicional que durante toda mi vida he recibido, agradezco a Dios y a mi familia, principalmente a mis padres, Ángel y María, gracias a quienes, he tenido siempre la oportunidad de cristalizar mis sueños.

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme sus puertas y formarme ética, moral y profesionalmente. De manera especial, a la M.Sc. Kalina Fonseca y la Ph.D. Mercy Ilbay, por sus valiosos conocimientos, su paciencia, confianza y estima, muchas gracias.

Así también, expreso mi gratitud hacia quienes conforman el Centro de Investigación Acuícola “El Descanso” y en general, a todos quienes contribuyeron con el desarrollo y la culminación exitosa de este proyecto.

Nataly Ll.

DEDICATORIA

La presente investigación, está dedicada a mis padres, por toda su paciencia, compromiso y entrega para con mi formación personal y académica. De igual manera a mis hermanos, familiares y amigos, quienes han sabido estar a mi lado, en los momentos que más he necesitado. Este es el resultado de un largo sendero, el comienzo de nuevos retos y el fortalecimiento de mi compromiso como hija, hermana, amiga y profesional.

AGRADECIMIENTO

El regalo más grande de Dios es la vida, por lo tanto, debes aprovechar cada minuto de ella, quiero agradecer a mis queridos padres y hermanos por su ejemplo de lucha, constancia y perseverancia en todo momento, agradezco a mi esposo Carlos M. por su amor y su apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida, por haber confiado en mí y brindarme palabras de aliento para cumplir esta meta tan anhelada, a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas al conocimiento y a cada uno de mis apreciados docentes que gracias a sus conocimientos y experiencias compartidas día a día en las aulas forman profesionales de carácter ético y humanista.

Natalia T.

DEDICATORIA

El camino no ha sido fácil pero no imposible de recorrer, este trabajo de investigación dedico a mis padres por todo su apoyo, comprensión y cariño a mis hermanos por sus palabras de motivación y aliento y de forma especial a mi esposo por haber creído en mí e incentivarme a realizarme como profesional su apoyo fue un pilar fundamental en esta etapa de mi vida.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DISEÑO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO, EN EL VALLE ACUÍCOLA QUILLÁN, TUNGURAHUA - ECUADOR, 2021.

AUTORES: Llugsha Moreta Nataly Marisol

Tuso Toapanta Irma Natalia

RESUMEN

La acuicultura de la trucha arcoíris, contribuye progresivamente en la calidad de vida de las comunidades rurales. Cuando las condiciones del hábitat acuático son inadecuadas, el rendimiento de la especie disminuye y la calidad del recurso hídrico se degrada. La presente investigación, se realizó en el Centro de Investigación Acuícola “El Descanso” (CIA-ED), del Valle Quillán, en donde, se evaluó la calidad del agua, pre y post uso acuícola durante 30 días, a fin de diseñar un sistema alternativo de tratamiento para la optimización de ciertas características, en el punto de captación del afluente al centro. Para ello, en el afluente y efluente, se muestrearon: fosfatos, nitratos, nitritos, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, temperatura ambiente y del agua, durante 30 días, adicionalmente, se realizó un análisis de laboratorio para los parámetros: coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno, y tras considerar el origen geogénico del agua, se realizó una prueba de arsénico. En virtud de los parámetros, la calidad del agua se determinó mediante el Índice de Calidad de Agua Objetivo (ICAOBJ), que fue establecido en la Universidad Santiago de Chile, también, se realizó una clasificación según la tabla dos y la tabla nueve del Acuerdo Ministerial 097-A del Ecuador. El ICAOBJ determinó que la calidad de agua en el punto de ingreso, es media y según el Acuerdo Ministerial 097-A, no es apta para la preservación de vida acuática en aguas dulces, así también, en el efluente, el ICAOBJ, determinó que la calidad del agua es muy baja, sin embargo, la clasificación en la tabla nueve, de los límites permisibles para la descarga a un cuerpo de agua dulce, determinó que en su mayoría se encuentran bajo lo normado. Por lo que, disminuir los contaminantes presentes en el agua, es necesario para incrementar el rendimiento productivo de las especies acuáticas e indispensable para preservar los recursos hídricos. Tras lo anteriormente expuesto, el sistema alternativo de tratamiento propuesto en la presente investigación, se diseñó a fin de optimizar las siguientes características del afluente: coliformes fecales, nitratos, fosfatos y oxígeno disuelto, se compone de un tanque de 4.5 metros de largo, 3m. de ancho, 2m de altura total distribuida en tres niveles y dentro del mismo, se integraron fases de: cribado, adsorción, ozonización, oxigenación y fitorremediación, mediante: rejillas, desarenador, generador de ozono, bomba de aireación, islas flotantes artificiales de Achira y una base compuesta por la tusa de maíz molida. Se plantea entonces, una alternativa adaptada a ciertos parámetros, esenciales en el cultivo de la trucha arcoíris, y que, a la vez, permitiría reducir la carga contaminante del efluente, mediante materiales y equipos de bajo coste, por lo que, será económica y ambientalmente viable.

Palabras clave: calidad del agua, sistema alternativo de tratamiento, tusa de maíz, trucha arcoíris, valle Quillán.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: EVALUATION OF WATER QUALITY AND DESIGN OF AN ALTERNATIVE TREATMENT SYSTEM IN QUILLÁN AQUACULTURE VALLEY, TUNGURAHUA - ECUADOR, 2021.

AUTHORS: Llugsha Moreta Nataly Marisol

Tuso Toapanta Irma Natalia

ABSTRACT

Rainbow trout aquaculture contributes progressively to the quality of life in rural communities. When aquatic habitat conditions are inadequate, the yield of the species decreases and the quality of the water resource is degraded. The present research was carried out at the Aquaculture Research Center "El Descanso" (CIA-ED), in the Quillán Valley, where the water quality was evaluated, pre and post aquaculture use for 30 days, in order to design an alternative treatment system for the optimization of certain characteristics, at the catchment point of the tributary to the center. For this purpose, the following parameters were sampled in the influent and effluent: phosphates, nitrates, nitrites, hydrogen potential, dissolved oxygen, ambient and water temperature, for 30 days; additionally, a laboratory analysis was performed for the following parameters: fecal coliforms, biochemical oxygen demand, and after considering the geogenic origin of the water, an arsenic test was performed. Based on the parameters, the water quality was determined using the Objective Water Quality Index (ICAOBJ), which was established at the Universidad Santiago de Chile, also, a classification was made according to table two and table nine of the Ministerial Agreement 097-A of Ecuador. The ICAOBJ determined that the water quality at the point of entry is medium and, according to Ministerial Agreement 097-A, it is not suitable for the preservation of aquatic life in freshwater; also, in the effluent, the ICAOBJ determined that the water quality is very low; however, the classification in table nine of the permissible limits for discharge into a freshwater body determined that most of them are below the standards. Therefore, reducing the pollutants present in the water is necessary to increase the productive yield of aquatic species and indispensable to preserve water resources. Following the above, the alternative treatment system proposed in this research was designed to optimize the following characteristics of the influent: fecal coliforms, nitrates, phosphates and dissolved oxygen, it consists of a tank 4.5 meters long, 3m. It consists of a tank 4.5 meters long, 3m. wide, 2m. high, distributed in three levels and within the same, phases of screening, adsorption, ozonation, oxygenation and phytoremediation were integrated by means of: grids, desander, ozone generator, aeration pump, Achira artificial floating islands and a base composed of ground corn stover. This is an alternative adapted to certain parameters, essential in rainbow trout farming, and which, at the same time, would allow reducing the pollutant load of the effluent, by means of low-cost materials and equipment, making it economically and environmentally viable.

Key words: water quality, alternative treatment system, corn stover, rainbow trout, Quillán valley.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	x
AGRADECIMIENTO	xi
DEDICATORIA	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xix
ÍNDICE DE FIGURAS	xxi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	4
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4.1 Beneficiarios indirectos:.....	4
4.2 Beneficiarios indirectos:.....	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
6. OBJETIVOS.....	6
6.1 Objetivo General	6

6.2	Objetivos específicos.....	6
7.	ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
8.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	10
8.1	AGUA.....	10
8.2	ACUICULTURA DE LA TRUCHA ARCOÍRIS	10
8.3	ALEVINES	10
8.4	AUTOCAD	10
8.5	CALIDAD DEL AGUA.....	10
8.5.1	ARSÉNICO (As)	10
8.5.2	COLIFORMES.....	11
8.5.3	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	11
8.5.4	FOSFATOS (PO ₄ ³⁻).....	11
8.5.5	NITRITOS (NO ₂ ⁻)	11
8.5.6	NITRATOS (NO ₃ ⁻).....	11
8.5.7	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)	12
8.5.8	OXÍGENO DISUELTO (OD)	12
8.5.9	TEMPERATURA (T)	12
8.6	CONTAMINACIÓN HÍDRICA	12
8.6.1	FUENTES DE CONTAMINACIÓN	12
8.7	CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	12
8.7.1	CUENCAS ALTAS MEDIAS Y BAJAS	13
8.7.2	SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS	13

8.8 EFLUENTE	13
8.9 ÍNDICES DE LA CALIDAD DE AGUA (ICA)	13
8.9.1 ÍNDICE OBJETIVO (OBJ)	13
8.10 SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO	14
8.10.1 ACHIRA	14
8.10.2 OXIGENACIÓN ACUÍCOLA	14
8.10.3 OZONIZACIÓN	14
8.10.4 TUSA DE MAÍZ	14
8.11 SOSTENIBILIDAD	14
8.12 TASA DE MORTALIDAD DE LA ESPECIE	15
8.13 TRUCHA ARCOÍRIS (ONCORHYNCHUS MYKISS)	15
8.14 BASE LEGAL	15
8.14.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	15
8.14.2 CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL (COA)	16
8.14.3 CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL (COIP)	19
8.14.4 CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL (COOTAD)	19
8.14.5 LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APRECHAMIENTO DEL AGUA	21
8.14.6 LEY ORGÁNICA PARA EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA Y PESCA	23
8.14.7 REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE	24
8.14.8 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA)	25
9. HIPÓTESIS	26

10. METODOLOGÍA	26
10.1 ÁREA DE ESTUDIO	26
10.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	27
10.2.1 APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA OBJETIVO (ICAOBJ)	28
10.2.2 CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, EN BASE AL ANEXO A, ACUERDO MINISTERIAL 097-A 2015, MINISTERIO DEL AMBIENTE, ECUADOR.	31
10.3 DISEÑO DEL SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO	32
10.3.1 Selección de los parámetros de diseño.	32
10.3.2 Componente hidráulico.....	33
10.3.3 Componentes mecánicos del sistema de tratamiento	34
10.3.4 Modelamiento del sistema en softwares y programas:	38
10.4 SOCIALIZACIÓN Y PROPUESTA DEL SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO	38
11. RESULTADOS	38
11.1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	38
11.1.1 APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA OBJETIVO (ICAOBJ)	44
11.1.2 CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, EN BASE AL ACUERDO MINISTERIAL 097-A.	47
11.2 DISEÑO DEL SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO	48
11.2.1 Selección de los parámetros evaluados y tratamiento.	48
11.2.2 Componente hidráulico.....	49
11.2.3 Componentes mecánicos del sistema de tratamiento	50
11.2.4 Modelamiento del sistema en softwares y programas	58

11.3 SOCIALIZACIÓN Y PROPUESTA DEL SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO	60
12. IMPACTOS: AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS.....	60
12.1 IMPACTOS AMBIENTALES	60
12.2 IMPACTOS SOCIALES	60
12.3 IMPACTOS ECONÓMICOS.....	61
13. PRESUPUESTO	61
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
Conclusiones	63
Recomendaciones.....	64
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto.....	4
Tabla 2: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos.....	6
Tabla 3: Puntos de muestreo	27
Tabla 4: Periodo, caracterización parámetros de campo.	28
Tabla 5: Parámetros seleccionados en el ICAOBJ.....	29
Tabla 6: Pesos de ponderación para parámetros del ICAOBJ	29
Tabla 7: Normalización de parámetros seleccionados en ICAOBJ	30
Tabla 8: Categorías de clasificación definidas para el ICA Objetivo.....	30
Tabla 9: Criterios de calidad para la preservación de vida acuática y silvestre en aguas dulces, frías y cálidas, según el Acuerdo Ministerial 097 – A.	31

Tabla 10: Criterios de calidad acorde a los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el Acuerdo Ministerial 097-A, acorde a los parámetros disponibles.	32
Tabla 11: Especificaciones del número de Reynolds	35
Tabla 12: Velocidad de sedimentación para flujo laminar, acorde al diámetro de la partícula	36
Tabla 13: Coeficiente de seguridad.....	37
Tabla 14: Determinación de los parámetros de calidad de agua evaluados en campo	39
Tabla 15: Parámetros evaluados adicionalmente.	44
Tabla 16: Categoría de clasificación definida para el ICAOBJ, en el afluente del CIA-ED	46
Tabla 17: Determinación de la normalización de parámetros en el punto 2 de muestreo (efluente del CIA-ED)	46
Tabla 18: Categoría de clasificación definida para el ICAOBJ, en el efluente del CIA-ED	47
Tabla 19: Criterios de calidad para la preservación de vida acuática y silvestre en aguas dulces, frías y cálidas, según el Acuerdo Ministerial 097 – A.	47
Tabla 20: Criterios de calidad acorde a los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el Acuerdo Ministerial 097-A, acorde a los parámetros disponibles.	48
Tabla 21: Selección de los parámetros a optimizar	49
Tabla 22: Recolección de datos para la determinación del caudal del afluente	49
Tabla 23: Medidas destinadas a la dimensión del sistema	50
Tabla 24: Constante en función de diámetro	51
Tabla 25: Constante en función de diámetro.....	52
Tabla 26: Selección de la velocidad de sedimentación.....	52
Tabla 27: Coeficiente de seguridad.....	54
Tabla 28: Presupuesto para la realización del presente proyecto	61
Tabla 29: Presupuesto estimado para la implementación del sistema alternativo de tratamiento	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio.....	27
Figura 2: Diseño del filtro a base de tusa de maíz.....	56
Figura 3: Generador de Ozono.....	57
Figura 4: Bomba de aireación.....	57
Figura 5: Isla Flotante Artificial.....	57
Figura 6. Sistema alternativo de tratamiento propuesto.....	60
Figura 7. Socialización del sistema alternativo de tratamiento propuesto, en el Valle Quillán.....	60

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Evaluación de la calidad del agua y diseño de un sistema alternativo de tratamiento, en el valle acuícola Quillán, Tungurahua - Ecuador, 2021”.

Lugar de ejecución:

Centro de Investigación Acuícola “El Descanso” (CIA-ED), ubicado en la microcuenca del Valle Quillán, parroquia San Miguelito del cantón Santiago de Píllaro, Tungurahua-Ecuador.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia:

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

Equipo de investigación

Tutor de Titulación: M.Sc. Kalina Fonseca.

C.C: 1723534457

Correo: kalina.fonseca@utc.edu.ec

Contacto: +593 99 626 7102

Autores:

Autor 1

Nataly Marisol Llugsha Moreta

C.C: 1805059084

Correo: nataly.llugsha9084@utc.edu.ec

Contacto: +593 99 743 7042

Autor 2

Irma Natalia Tuso Toapanta

C.C: 1804036695

Correo: irma.tuso6695@utc.edu.ec

Contacto: +593 99 163 5150

Lectores:

LECTOR 1: Ph. D Mercy Ilbay

C.C: 0604147900

Correo: mercy.ilbay@utc.edu.ec

Contacto: +593 98 753 3861

LECTOR 2: M.Sc. Caterine Donoso

C.C: 0502507536

Correo: caterine.donoso@utc.edu.ec

Contacto: +593 989 850 4076

LECTOR 3: M.Sc. José Ágreda

C.C: 0401332101

Correo: jose.agreda@utc.edu.ec

Contacto: +593 98 600 3679

Área de Conocimiento:

Ambiente, Recursos Hídricos.

Línea de investigación institucional:

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental

Sublínea de investigación:

Manejo y conservación de los recursos hídricos.

Línea de vinculación:

Gestión de Recursos Naturales, Biodiversidad, Biotecnología y Genética, para el desarrollo humano social.

Proyecto de la Carrera:

Métodos alternativos en la remediación de agua contaminada.

2. INTRODUCCIÓN

La acuicultura de la Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), contribuye en gran medida al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades rurales (Varadi, 2001; Bozoğlu et al., 2007). *O. mykiss*, es una especie perteneciente a la familia de los salmónidos, proviene del sector de la Vertiente del Pacífico en América del Norte y fue introducida con la finalidad de repoblar nuestras lagunas altoandinas (De La Oliva, 2011).

Por su elevado valor nutricional, a lo largo del tiempo la trucha arcoíris, se ha venido constituyendo como parte esencial de la dieta de los seres humanos (Molina Amangano, 2004). Además de sus cualidades gastronómicas, contiene una gran fuente de proteínas, ácidos grasos poliinsaturados (Cruz et al., 2016) y aporta al organismo una sustancial cantidad de vitaminas; A, B1, B2 y B3 (Instituto Nacional de Pesca del Ecuador, 2020). Entre las principales dificultades a las que se enfrenta la acuicultura de la trucha arcoíris, destaca la contaminación de los sistemas acuáticos (Blanco-Cachafeiro, 1995). Al estar destinada al consumo humano y cumplir su ciclo vital totalmente en el agua, una mala calidad de esta, representa un riesgo de gran importancia en los organismos cultivados y por ende, en las personas que lo consumen (BAUTISTA COVARRUBIAS et al., 2011). La calidad y disponibilidad de la limitada cantidad de agua dulce del planeta, se ha visto gradualmente deteriorada (Tyagi et al., 2013), por una serie de factores de origen natural y antropogénico que alteran su composición e interfieren en su uso (Ramírez, 2021).

Las actividades agropecuarias, descargas de aguas residuales, residuos de recreación turística, entre otros factores, reducen gradualmente la calidad del agua y representan un riesgo elevado para el cultivo de las especies acuáticas (Diario, 2017), además, al desarrollarse en ecosistemas artificiales diferentes a los naturales, la acuicultura produce una gran cantidad de efluentes ricos en materia orgánica y otros componentes que, sin ningún tratamiento se descargan sobre el cuerpo hídrico receptor (Pardo et al., 2006), desatando otra fuente de contaminación del agua, que al ser, el principal constituyente del ecosistema y del organismo humano, es indispensable para garantizar el desarrollo sostenible y los objetivos del milenio establecidos por las Naciones Unidas (Espinosa et al., 2019).

Por consiguiente, la presente investigación, se realizó en el reconocido Centro de Investigación Acuícola “El Descanso”, con el propósito de evaluar la calidad del agua, del afluente y el efluente. Para lo cual, se determinaron diez parámetros, de los cuales, fueron seleccionados los requeridos para la obtención del ICAOBJ y posteriormente ajustados para una clasificación según el Acuerdo Ministerial 097–A. Finalmente, se diseñó un sistema alternativo de tratamiento, que, de ser implementado, permitiría el aprovechamiento del agua en mejores condiciones, lo cual mejorará el rendimiento de la especie y permitirá reducir la degradación del cuerpo hídrico receptor, el Río Culapachán.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La acuicultura, es el sector productivo de alimentos, de mayor crecimiento a nivel mundial. Por lo que, el cultivo de la trucha arcoíris, se considera una fuente económica y de subsistencia de gran importancia, en las zonas rurales de los países interandinos y en vías de desarrollo (FAO Fisheries & Aquaculture, 2019). Las inadecuadas condiciones del agua, recurso indispensable para este fin, se ha convertido en un limitante que incide negativamente en la producción de esta especie, lo cual, representa pérdidas económicas considerables y degrada aún más, el estado de los recursos hídricos.

Esta problemática, evidencia la necesidad de desarrollar procesos que combinen una alta eficiencia de tratamiento y costos de construcción, operación y mantenimiento accesibles (Torres, 2001), es decir, sistemas ambientalmente amigables, capaces de remover o disminuir contaminantes, partiendo de la reutilización de residuos a nuestro alcance. Bajo este contexto, se determinó las características del agua, en el afluente y el efluente del CIA-ED, a fin de obtener el diseño del sistema alternativo de tratamiento que, de ser implementado, permitirá optimizar el medio acuático destinado a la producción de trucha arcoíris, incrementará su rendimiento y a la vez, disminuirá la degradación del río Culapachan.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1 Beneficiarios indirectos:

- Centro de Investigación Acuícola “El Descanso”.
- Consumidores del producto y sus derivados.
- Acuicultores y habitantes del Valle Quillán.
- Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE).
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca del Ecuador (MAGAP).

4.2 Beneficiarios indirectos:

- Habitantes de la subcuenca baja del Río Patate
- Gobiernos Autónomos Descentralizados.
- Academia - Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto

BENEFICIARIOS DIRECTOS	BENEFICIARIOS INDIRECTOS
Población del cantón Santiago de Pillaro	Habitantes de la subcuenca baja del Río Patate

Hombres:	18091	Hombres:	6720
Mujeres:	20266	Mujeres:	6777
Total:	38357	Total:	13497

Fuente: (INEC, 2010) **Elaborado por:** Llugsha Nataly y Tusó Irma, 2021.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La producción acuícola en regiones interandinas, surgió ante la necesidad de suplantar la explotación pesquera. Organizaciones mundiales, proyectan esta actividad como una respuesta viable ante la demanda alimentaria y económica de la humanidad, por lo que, se ha incrementado, fortalecido y tecnificado en varios rincones del planeta (De La Oliva, 2011). En los últimos años, a nivel nacional, ha experimentado un acelerado crecimiento, lo cual, en términos monetarios resultó beneficioso, pues, generó fuentes de empleo, incrementó los ingresos de la economía local, regional y por ende nacional, tal que, representó más del 7% del Producto Interno Bruto Agropecuario (Buenaño, 2019). Pero al ser una actividad no convencional, el desconocimiento de los acuicultores y la falta de investigación en este campo, limitaron el adecuado manejo y gestión de los recursos y medios, destinados a este fin, resultando en pérdidas económicas considerables e impactos negativos a los cuerpos hídricos receptores, por las descargas residuales.

La presente investigación, surgió en respuesta a la preocupación de quienes conforman el equipo de trabajo del CIA-ED, en dónde, la cantidad establecida para cada siembra de trucha arcoíris, es de 2000 individuos y su cosecha es semestral. Acorde a las características de su peso y tamaño, bimensualmente los peces fueron trasladados a diferentes estanques y en tal momento, se registró la cantidad de individuos muertos de la especie. En la etapa de crecimiento pequeña, la especie es comúnmente conocida como “alevines”, en la media como “juveniles” y finalmente son denominados “adultos”. En promedio, tras el primer traslado, se contabilizaron muertes de 370 alevines, en el siguiente, de hasta 255 juveniles y finalmente hasta 52 adultos, es decir que, en el transcurso de cada siembra, se perdieron 677 peces aproximadamente. La tasa de mortalidad de la población total cultivada fue del 33,4 %, lo cual, representó una enorme pérdida económica para los productores, quienes, fundamentados en informes de calidad del agua, realizados en años anteriores, consideraron que la muerte de la especie cultivada fue debido a la deficiente calidad del medio acuático, por lo que, la optimización de sus características, es considerada como una necesidad elemental para la actividad acuícola.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Evaluar la calidad del agua de uso acuícola en el Valle Quillán, con el propósito de diseñar un sistema alternativo de tratamiento, que optimice sus características.

6.2 Objetivos específicos

- Determinar la calidad del agua, mediante la aplicación del ICA OBJ y la clasificación de los parámetros: arsénico, coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos, nitratos, nitritos, oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, temperatura ambiente y del agua, en base al uso dos del Acuerdo Ministerial 097 – A.
- Diseñar un sistema alternativo de tratamiento, que, en el afluyente, optimizará los parámetros puntuales en el cultivo de trucha arcoíris
- Propuesta del sistema alternativo de tratamiento al CIA-ED y la Asociación de Acuicultores del Valle Quillán.

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

Acorde a los objetivos planteados, las actividades y tareas fueron realizadas, durante los meses de abril, mayo, junio y julio del presente año, en base a un cronograma de planificación organizado previamente por las autoras de la investigación y la coordinación del personal administrativo y de servicio del CIA-ED.

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

 ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS CON RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Objetivo General	Objetivos Específicos	Actividad	Resultados De Las Actividades	Medio de Verificación
Evaluar la calidad del agua de uso acuícola en el Valle Quillán, a fin de diseñar un sistema alternativo de tratamiento que optimice sus características.	Determinar la calidad del agua, mediante la aplicación de los ICA; OBJ y la clasificación de los parámetros: arsénico, coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos, nitratos, nitritos, oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, temperatura ambiente y del agua, en base al uso dos del Acuerdo Ministerial 097 – A.	Ejecución de la fase de campo y laboratorio: medición de los diferentes parámetros. Aplicación del ICA OBJ y clasificación de los parámetros determinados, según el uso 2 del Acuerdo Ministerial 097 – A. Comparación de la calidad, entre los dos puntos	Se obtuvo el ICA OBJ y se clasificó el agua, para la serie temporal evaluada, por parámetro, según el Acuerdo Ministerial 097 - A.	Tabla de resultados de los parámetros evaluados, índice Obj de calidad del agua, clasificación según el Acuerdo Ministerial 097 – A, gráficas, figuras, anexos.

Diseñar un sistema alternativo de tratamiento, que, en el afluente, optimizará los parámetros puntuales en el cultivo de trucha arcoíris

Seleccionar los parámetros a optimizar y la tecnología adecuada de tratamiento.

Estructurar los componentes del sistema en AutoCAD.

Se obtuvo el plano del sistema alternativo de tratamiento que optimizará la calidad del agua de uso acuícola.

Figuras del sistema alternativo de tratamiento, anexos.

<p>Propuesta del sistema alternativo de tratamiento al CIA-ED y la Asociación de Acuicultores del Valle Quillán</p>	<p>Reunión con los propietarios del Centro y la Asociación de acuicultores del Valle Quillán y socialización de los resultados obtenidos en la presente investigación</p>	<p>Se obtuvo la aprobación del diseño por parte del personal administrativo del CIA-ED, para su futura implementación, a la vez, se evidenció el interés de los habitantes del Valle Quillán ante la propuesta planteada</p>	<p>Registro de Asistencia.</p>
---	---	--	--------------------------------

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 AGUA

Recurso natural líquido, que, al encontrarse en estado puro, es transparente, incoloro, inoloro e insípido, sus moléculas, se encuentran formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Constituye el componente mayoritario de los organismos vivos (ASALE & RAE, 2020).

8.2 ACUICULTURA DE LA TRUCHA ARCOÍRIS

Consiste en la aplicación de una serie de prácticas, para el cultivo de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), su cosecha puede ser total o parcial y se realiza cuando las truchas han alcanzado el peso aproximado de 500 gramos (De la Oliva, 2011). Es probablemente, el sector productivo de mayor crecimiento a nivel global (ONU, 2021).

8.3 ALEVINES

Crías recién nacidas de los peces, en los salmónidos, se encuentran en su fase larval y frecuentemente son usados para crianza (Biblioteca Agrícola Nacional de EE.UU., 2013).

8.4 AUTOCAD

Software CAD de diseño asistido por ordenador (Computer Aided Design). Creado en 1982, es un producto con altos estándares de calidad, propiedad de la compañía norteamericana Autodesk. Fue diseñado para la creación de planos, su capacidad de edición, permite dibujos en 2D y modelado en 3D (Esneca, 2019).

8.5 CALIDAD DEL AGUA

El agua, es un líquido vital que influye directamente en la calidad de vida de los seres vivos. Por lo que la calidad del agua de consumo humano se ha asociado con diversas enfermedades que se presentan a corto o largo plazo. Así también, el consumo de agua de la población humana y actividades productivas, generan aguas residuales, que contienen contaminantes que disminuyen la calidad del agua de los cuerpos superficiales y por ende dificultan su uso. Sitios que han sido privilegiados con la disponibilidad de agua dulce aprovechable para diferentes usos corren peligro de limitar su potencial por la contaminación que estas contienen, lo cual debe ser remediado (Chán Santisteban & Peña, 2015).

8.5.1 ARSÉNICO (As)

El agua es uno de los principales medios de transporte, a través de los cuales, el arsénico (As) ingresa al cuerpo humano, causando daños irreversibles a la salud (Mondal et al., 2006); metaloide considerado como carcinógeno crónico de clase I, su toxicidad puede causar hipohiperpigmentación,

queratosis, cáncer de piel, vejiga urinaria, pulmón entre otros (Mazumder, 2008) Srivastava et al., 2012).

8.5.2 COLIFORMES

Breed & Norton, en 1937, sugirieron el término para describir a las bacterias fermentadoras de lactosa, utilizadas como medida de la contaminación del agua. Actualmente, se definen como indicadores de contaminación del agua y de los alimentos (Fernández-Santisteban, 2017).

Coliformes Totales

Pertenecen a la familia Enterobacteriaceae, son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos, no esporulados. Constituyen aproximadamente el 10 % de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales (American Public Health Association et al., 1998, Camacho et al., 2009, Yoder et al., 2008).

Coliformes Fecales

Subgrupo de las bacterias del grupo coliforme, presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos. Su origen es esencialmente fecal.

Colibacilos Fecales

Especie contaminante de origen fecal, pertenece al grupo coliforme (CIMIANO & ALVAREZ, 1985) Libedinsky, 1927). Presenta una resistencia muy superior a las que presentan las demás bacterias del grupo, por lo que, se considera un germen ubicuo (Rebagliati, 1923).

8.5.3 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

La DBO₅, se determina a 20 °C durante cinco días y se usa como medida del contenido de la materia orgánica biodegradable. Se mide por la cantidad de oxígeno requerido para su oxidación en la muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación bioquímica durante cinco días (Simon et al., 2011).

8.5.4 FOSFATOS (PO₄³⁻)

Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas que conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales, dependiendo de la concentración de fosfato, se puede producir eutrofización, contenidos anormalmente altos en el recurso hídrico pueden producir un crecimiento incontrolado de la biomasa acuática (Putz, 2010).

8.5.5 NITRITOS (NO₂⁻)

Son sales de ácido nitroso que se forman a partir de los nitratos, En ausencia de contaminación artificial, las aguas superficiales rara vez superan 1 mg/l de nitritos. Los valores más altos se encuentran en las aguas subterráneas (Antón & Lizaso, 2001).

9.5.6 NITRATOS (NO₃⁻)

El nitrato es un contaminante común inodoro e incoloro, se encuentra en el agua subterránea y que, al consumirse en altos niveles, puede provocar efectos nocivos. En aguas subterráneas poco

profundas y que no están afectadas por actividades humanas, las concentraciones de nitrato, son generalmente de 2 miligramos por litro (mg/l). Fuentes comunes de nitrato son los fertilizantes, estiércol o compost y pozos sépticos (Boards, 2013).

8.5.7 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

El pH es una escala numérica del 1 al 14, que determina la acidez o alcalinidad de una solución acuosa (Vázquez & Rojas, 2016).

8.5.8 OXÍGENO DISUELTO (OD)

Corresponde a la cantidad de oxígeno, que se encuentra disuelto en el agua. La mayoría de organismos acuáticos, requieren del oxígeno para sobrevivir, algunas como la trucha arcoíris, requieren elevadas cantidades para su correcto desarrollo (Segura, 2015).

8.5.9 TEMPERATURA (T)

Es una medida de la energía calorífica presente en una sustancia, sea esta sólida, líquida o gaseosa. Se puede afirmar que, el calor es el fenómeno, mientras que, la temperatura es una forma de medirlo (Schmidt, 2016).

8.6 CONTAMINACIÓN HÍDRICA

La creciente demanda de los recursos hídricos ha disminuido en las últimas décadas su disponibilidad y deteriorado su calidad, lo que causa un gran impacto en la disminución del acceso a agua segura en la mayoría de las áreas rurales y periféricas urbanas de los países en desarrollo (Ramón et al., 2015).

8.6.1 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Fuentes naturales:

El territorio que atraviese el agua puede contener varios componentes de origen natural, procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo, tales como sales minerales, calcio, magnesio, hierro, entre otros (Gil et al., 2012).

Fuentes antropogénicas:

Consecuentes de las actividades humanas, puesto que, el desarrollo industrial ha provocado la presencia de una serie de componentes peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y que además, son difíciles de eliminar (Gil et al., 2012).

8.7 CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Las cuencas hidrográficas son territorios definidos naturalmente, donde todos los procesos socio ecológicos están íntimamente ligados entre sí (R. F. P. López & Patrón, 2013), corresponde además al área delimitada por un parteaguas, por dónde transita el agua, hasta confluir en una corriente principal (Agua, 2019)..

8.7.1 CUENCAS ALTAS MEDIAS Y BAJAS

Cuencas altas:

Las cuencas altas están generalmente ubicadas en montañas o cabeceras de cerros.

Cuencas medias

Las medias, donde se juntan las aguas de las partes altas y donde empieza el río principal a tener un cauce definido.

Cuencas bajas

Las bajas, donde el río termina desembocando a ríos mayores, humedales, o al mar (WWF, 2021).

8.7.2 SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS

Subcuenca

Una subcuenca, abarca un área de cinco mil a 50 mil hectáreas (Avendaño, 2016) y hace referencia a los territorios que drenan por diversos recorridos de agua, hasta desembocar en la trayectoria principal, es decir, que, es una subdivisión de la cuenca (Piñeros Herrera, 2016).

Microcuenca

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

8.8 EFLUENTE

Un efluente, consiste en un conjunto de aguas residuales que fluyen hasta un cuerpo hídrico (Glosario, 2020)

8.9 ÍNDICES DE LA CALIDAD DE AGUA (ICA)

Varios países a nivel mundial, han desarrollado diferentes ICA, los cuales, permiten evaluar la calidad del agua mediante un modelo sistemático (Miranda et al., 2016), Usualmente se hace por medio del análisis de una cantidad de indicadores que normalmente, se expresan en rangos y unidades, y tienen diferente comportamiento en términos de su relación concentración-impacto (Damo & Icka, 2013)

8.9.1 ÍNDICE OBJETIVO (OBJ)

Índice de Calidad del Agua de origen chileno, evalúa tres parámetros, considerados indicativos directos de contaminación del recurso hídrico e importantes en la región. Los parámetros del ICAOBJ seleccionados fueron: Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Coliformes Fecales. No se incluyeron parámetros tóxicos en el diseño del ICAOBJ porque no se dispone de

antecedentes sistemáticos sobre ellos como es el caso de los otros parámetros seleccionados. Además, se ha aceptado que bajo ninguna circunstancia las aguas superficiales podrían contener elementos dañinos para los humanos, animales o vida acuática (Sancha, 2002).

8.10 SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO

Las aguas superficiales y subterráneas, se encuentran susceptibles a contaminarse de distintas formas, siendo las descargas de aguas residuales a los cuerpos hídricos superficiales, una de ellas (Sánchez et al., 2018). Su tratamiento es una práctica que, se realiza desde la antigüedad, hoy por hoy, resulta fundamental para mantener nuestra calidad de vida (SPENAGROUP, 2019). Los sistemas alternativos de tratamiento, surgen de la necesidad de mejorar la calidad del agua destinada a diferentes usos.

8.10.1 ACHIRA

Achira (*Canna indica*), es una especie empleada para la eliminación de nitratos y fosfatos. La *Canna indica* puede propagarse por semillas, rizomas o cormos, se desarrollan bien en una gran variedad de climas y suelos y ha generado mucho interés a nivel mundial como una tecnología alternativa para la remediación de suelos y agua (Bermeo Zapata & Tigse Masapanta, 2019).

8.10.2 OXIGENACIÓN ACUÍCOLA

A través de este proceso, los acuicultores contrarrestan las deficiencias de oxígeno. Los niveles de oxígeno adecuados aseguran el crecimiento, la salud, apetito y en general, el bienestar de los peces (Linde, 2016).

8.10.3 OZONIZACIÓN

La ozonización, es un proceso que consiste en oxidación avanzada para la remoción de contaminantes orgánicos y desodorización de los efluentes, debido al alto poder oxidante del ozono (2.07 V) presente en las reacciones directas e indirectas por medio del radical hidroxilo (2.8 V) (Hernández-Medina et al., 2019).

8.10.4 TUSA DE MAÍZ

El maíz, es una planta gramínea originaria de América y considerada por la FAO como el cereal con mayor volumen de producción en el mundo, que tiene una innumerable diversidad de usos, la tusa, es uno de sus residuos y se considera una alternativa ecoamigable, que contribuye a la preservación del ecosistema del planeta (Sandoval, 2013).

8.11 SOSTENIBILIDAD

La sostenibilidad ambiental es el equilibrio generado por la relación armónica entre el ser humano y la naturaleza que lo rodea y de la cual forma parte, y que esta relación permanezca a lo largo del tiempo, es decir, sea sustentable (Wiese, 2020).

8.12 TASA DE MORTALIDAD DE LA ESPECIE

La tasa de mortalidad: ritmo de defunciones, consiste en el número de individuos que mueren por unidad de tiempo. Se puede expresar en % o ‰ de la población inicial tomada como referencia que muere en un período determinado (Morlans, 2004).

8.13 TRUCHA ARCOÍRIS (ONCORHYNCHUS MYKISS)

La trucha arcoíris, de nombre científico (*Oncorhynchus mykiss*), es un pez que pertenece al grupo de los salmónidos, es originario de Norteamérica. Cuando se cría en cautiverio, es indispensable considerar los aspectos biológicos de la especie en su ecosistema natural, que generalmente, son aguas puras, cristalinas y bien oxigenadas (Hernandez & Aquino-Martínez, 2008).

8.14 BASE LEGAL

8.14.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Año: 2008 Estado: Vigente

TITULO II DERECHOS

Capítulo segundo

Derechos del buen vivir

Sección primera: Agua y alimentación

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

Sección segunda: Ambiente sano

Art. 14.- 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.

Capítulo séptimo

Derechos de la naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente 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 la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

TITULO VI REGIMEN DE DESARROLLO

Capítulo quinto

Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas

Art. 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias.

El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.

El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley

TITULO VII REGIMEN DEL BUEN VIVIR

Capítulo segundo

Biodiversidad y recursos naturales

Sección sexta: Agua

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

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

8.14.2 CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL (COA)

Año: 2017 Estado: Vigente

LIBRO SEGUNDO

DEL PATRIMONIO NATURAL

TITULO I DE LA CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD

Art. 30.- Objetivos del Estado. Los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son:

1. Conservar y usar la biodiversidad de forma sostenible;
2. Mantener la estructura, la composición y el funcionamiento de los ecosistemas, de tal manera que se garantice su capacidad de resiliencia y su la posibilidad de generar bienes y servicios ambientales;
3. Establecer y ejecutar las normas de bioseguridad y las demás necesarias para la conservación, el uso sostenible y la restauración de la biodiversidad y de sus componentes, así como para la prevención de la contaminación, la pérdida y la degradación de los ecosistemas terrestres, insulares, oceánicos, marinos, marino-costeros y acuáticos;
4. Regular el acceso a los recursos biológicos, así como su manejo, aprovechamiento y uso sostenible;
5. Proteger los recursos genéticos y sus derivados y evitar su apropiación indebida;
6. Regular e incentivar la participación de personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades en la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, así como en la distribución justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos;
7. Adoptar un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos, y ambientales para la conservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y de recursos hídricos, en coordinación con la Autoridad Única del Agua;
8. Promover la investigación científica, el desarrollo y transferencia de tecnologías, la educación e innovación, el intercambio de información y el fortalecimiento de las capacidades relacionadas con la biodiversidad y sus productos, para impulsar la generación del bioconocimiento;
9. Contribuir al desarrollo socioeconómico del país y al fortalecimiento de la economía popular y solidaria, con base en la conservación y el uso sostenible de los componentes y de la biodiversidad y mediante el impulso de iniciativas de biocomercio y otras;
10. Proteger y recuperar el conocimiento tradicional, colectivo y saber ancestral de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades asociados con la biodiversidad, e incorporar dichos saberes y conocimientos en la gestión de las políticas públicas relacionadas con la biodiversidad, y;
11. Incorporar criterios de sostenibilidad del patrimonio natural en la planificación y ejecución de los planes de ordenamiento territorial, en los planes de uso del suelo y en los modelos de desarrollo, en todos los niveles de gobierno.

LIBRO TERCERO

DE LA CALIDAD AMBIENTAL

TITULO II

SISTEMA UNICO DE MANEJO AMBIENTAL

CAPITULO III

DE LA REGULARIZACION AMBIENTAL

Art. 173.- De las obligaciones del operador. El operador de un proyecto, obra y actividad, pública, privada o mixta, tendrá la obligación de prevenir, evitar, reducir y, en los casos que sea posible, eliminar los impactos y riesgos ambientales que pueda generar su actividad. Cuando se produzca algún tipo de afectación al ambiente, el operador establecerá todos los mecanismos necesarios para su restauración. El operador deberá promover en su actividad el uso de tecnologías ambientalmente limpias, energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto, prácticas que garanticen la transparencia y acceso a la información, así como la implementación de mejores prácticas ambientales en la producción y consumo.

LIBRO TERCERO

DE LA CALIDAD AMBIENTAL

TITULO II

SISTEMA UNICO DE MANEJO AMBIENTAL

CAPITULO V

CALIDAD DE LOS COMPONENTES ABIOTICOS Y ESTADO DE LOS COMPONENTES BIOTICOS

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

TITULO III

CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

CAPITULO IV

MONITOREO Y SEGUIMIENTO

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

monitoreo será de carácter público y se deberá incorporar al Sistema Único de Información Ambiental y al sistema de información que administre la Autoridad Única del Agua en lo que corresponda.

8.14.3 CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL (COIP)

Año: 2014 Estado: Reformado

Sección segunda: Delitos contra los recursos naturales

Art. 251.- Delitos contra el agua. - La persona que, contraviniendo la normativa vigente, contamine, deseque o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos o realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años. Se impondrá el máximo de la pena si la infracción es perpetrada en un espacio del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o si la infracción es perpetrada con ánimo de lucro o con métodos, instrumentos o medios que resulten en daños extensos y permanentes.

8.14.4 CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL (COOTAD)

Año: 2017 Estado: Reformado

TITULO V

DESCENTRALIZACION Y SISTEMA NACIONAL DE COMPETENCIAS

Capítulo IV

Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales.

Art. 133.- Ejercicio de la competencia de riego. - La competencia constitucional de planificar, construir, operar y mantener sistemas de riego, está asignada constitucionalmente a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales. Al efecto, éstos deberán elaborar y ejecutar el plan de riego de su circunscripción territorial de conformidad con las políticas de desarrollo rural territorial y fomento productivo, agropecuario y acuícola que establezca la entidad rectora de esta materia y los lineamientos del plan nacional de riego y del plan de desarrollo del gobierno autónomo descentralizado respectivo, en coordinación con la autoridad única del agua, las organizaciones comunitarias involucradas en la gestión y uso de los recursos hídricos y los gobiernos parroquiales rurales.

El plan de riego deberá cumplir con las políticas, disponibilidad hídrica y regulaciones técnicas establecidas por la autoridad única del agua, enmarcarse en el orden de prelación del uso del agua dispuesto en la Constitución y será acorde con la zonificación del uso del suelo del territorio y la estrategia nacional agropecuaria y acuícola.

El servicio de riego será prestado únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias, para lo cual los gobiernos autónomos descentralizados provinciales podrán delegar la gestión de

mantenimiento y operación de los sistemas de riego al gobierno parroquial rural o a las organizaciones comunitarias legalmente constituidas en su circunscripción, coordinarán con los sistemas comunitarios de riego y establecerán alianzas entre lo público y comunitario para fortalecer su gestión y funcionamiento. Las organizaciones comunitarias rendirán cuentas de la gestión ante sus usuarios en el marco de la ley sobre participación ciudadana.

En el caso de sistemas de riego que involucren a varias provincias, la autoridad única del agua, el rector de la política agropecuaria y acuícola y la mancomunidad que deberá conformarse para el efecto, coordinarán el ejercicio de esta competencia. Cuando se trate de sistemas de riego binacionales, la responsabilidad de esta competencia será del gobierno central con la participación de los gobiernos autónomos descentralizados provinciales de las circunscripciones involucradas, en conformidad con los convenios internacionales respectivos.

Art. 134.- Ejercicio de la competencia de fomento de la seguridad alimentaria. - El fomento, de la seguridad alimentaria, cuyo ejercicio corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados regionales se gestionará aplicando las disposiciones constitucionales y legales para garantizar la soberanía alimentaria, la política pública de esta materia bajo el principio de integralidad y comprende:

- a) Promover, concurrentemente con los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales, en el marco de la economía social y solidaria, la asociación de los microempresarios, pequeños y medianos productores y brindar la asistencia técnica para su participación en mejores condiciones en los procesos de producción, almacenamiento, transformación, conservación y comercialización de alimentos;
- b) Implementar coordinadamente con los gobiernos autónomos descentralizados provinciales, municipales y parroquiales rurales, la producción sustentable de alimentos, en especial los provenientes de la agricultura, actividad pecuaria, pesca, acuicultura y de la recolección de productos de medios ecológicos naturales; garantizando la calidad y cantidad de los alimentos necesarios para la vida humana;
- c) Planificar y construir la infraestructura adecuada, en coordinación con los gobiernos autónomos descentralizados provinciales, municipales y parroquiales rurales, para fomentar la producción, conservación, intercambio, acceso, comercialización, control y consumo de alimentos, preferentemente provenientes de la pequeña, la micro, y la mediana producción campesina, y de la pesca artesanal; respetando y protegiendo la agrobiodiversidad, los conocimientos y formas de producción tradicionales y ancestrales. Complementariamente, la planificación y construcción de las redes de mercados y centros de transferencia de las jurisdicciones cantonales serán realizados por los gobiernos autónomos descentralizados municipales;

d) Fomentar el acceso de los ciudadanos a alimentos suficientes y sanos mediante la capacidad de incidir en los mercados y en el impulso a estrategias de consumo de alimentos nutritivos, agroecológicos y provenientes de la producción local, además del impulso de sistemas solidarios de comercialización en coordinación con los otros niveles de gobiernos autónomos descentralizados; y,

e) Promover un proceso para el manejo adecuado de animales destinados al consumo humano, observando las normas técnicas nacionales e internacionales, como prerrequisito en la producción de cárnicos sanos, competencia que se ejercerá en el marco de la ley y del sistema de soberanía alimentaria.

Los gobiernos autónomos descentralizados regionales ejercerán esta competencia con sujeción a las políticas nacionales que para el efecto emita la entidad rectora en materia de soberanía alimentaria, de acuerdo con la ley, y tendrán la obligación de coordinar y articular sus políticas y acciones con todos los gobiernos autónomos descentralizados de su circunscripción territorial en el ejercicio de sus competencias de fomento de desarrollo agropecuario y productivo.

8.14.5 LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APRECHAMIENTO DEL AGUA

Año: 2014 Estado: Vigente

CAPÍTULO VII

OBLIGACIONES DEL ESTADO PARA EL DERECHO HUMANO AL AGUA

Sección primera: De las obligaciones y la progresividad

Artículo 83.- Políticas en relación con el agua. Es obligación del Estado formular y generar políticas públicas orientadas a:

- a)** Fortalecer el manejo sustentable de las fuentes de agua y ecosistemas relacionados con el ciclo del agua;
- b)** Mejorar la infraestructura, la calidad del agua y la cobertura de los sistemas de agua de consumo humano y riego;
- c)** Establecer políticas y medidas que limiten el avance de la frontera agrícola en áreas de protección hídrica;
- d)** Fortalecer la participación de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades en torno a la gestión del agua;
- e)** Adoptar y promover medidas con respecto de adaptación y mitigación al cambio climático para proteger a la población en riesgo;

- f) Fomentar e incentivar el uso y aprovechamiento eficientes del agua, mediante la aplicación de tecnologías adecuadas en los sistemas de riego; y,
- g) Promover alianzas público-comunitarias para el mejoramiento de los servicios y la optimización de los sistemas de agua.

Artículo 84.- Obligaciones de corresponsabilidad. El Estado en sus diferentes niveles de gobierno es corresponsable con usuarios, consumidores, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades del cumplimiento de las siguientes obligaciones:

- a) Reducir la extracción no sustentable, desvío o represamiento de caudales;
- b) Prevenir, reducir y revertir la contaminación del agua;
- c) Vigilar y proteger las reservas declaradas de agua de óptima calidad;
- d) Contribuir al análisis y estudio de la calidad y disponibilidad del agua;
- e) Identificar y promover tecnologías para mejorar la eficiencia en el uso del agua;
- f) Reducir el desperdicio del agua durante su captación, conducción y distribución;
- g) Adoptar medidas para la restauración de ecosistemas degradados;
- h) Apoyar los proyectos de captación, almacenamiento, manejo y utilización racional, eficiente y sostenible de los recursos hídricos; y,
- i) Desarrollar y fomentar la formación, la investigación científica y tecnológica en el ámbito hídrico.

Sección tercera: Condiciones de autorización para aprovechamiento

Artículo 94.- Orden de prioridad para las actividades productivas. Entre las actividades productivas susceptibles de aprovechamiento del agua se aplicará el siguiente orden de prioridad:

- a) Riego para producción agropecuaria, acuicultura y agro industria de exportación;
- b) Actividades turísticas;
- c) Generación de hidroelectricidad y energía hidrotérmica;
- d) Proyectos de sectores estratégicos e industriales;
- e) Balneoterapia, envasado de aguas minerales, medicinales, tratadas o enriquecidas; y,

- f) Otras actividades productivas.
- g) El orden de prioridad de las actividades productivas podrá modificarse por la Autoridad Única del Agua, en atención a las características de la cuenca, en el marco de los objetivos y lineamientos de la planificación hídrica nacional y el Plan Nacional de Desarrollo.

TÍTULO IV APROVECHAMIENTO DEL AGUA

CAPÍTULO I

DE LOS TIPOS DE APROVECHAMIENTO PRODUCTIVO

Sección tercera: Acuicultura

Artículo 108.- Aprovechamiento de agua en acuicultura. Las personas que se dediquen a cualquier actividad piscícola o acuícola, que no se considere incluida en la soberanía alimentaria en los términos regulados en esta Ley, deberán obtener de la autoridad pública correspondiente los permisos necesarios para el ejercicio de su actividad, quien previo a otorgarlos deberá requerir de la Autoridad Única del Agua los informes respecto del aprovechamiento productivo del agua, que causará el pago de las tarifas establecidas en la presente Ley, cuando sea consuntivo.

Artículo 109.- Prohibición. No se otorgarán autorizaciones de aprovechamiento productivo del agua en manglares. Solo podrán obtener y renovar dicha autorización y con fines de actividad de acuicultura, quienes cumplan con el proceso de regularización establecido en el Reglamento.

8.14.6 LEY ORGÁNICA PARA EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA Y PESCA

Año: 2020 Estado: Vigente

TÍTULO II

Capítulo V

DE LA SEGURIDAD PÚBLICA EN LAS ACTIVIDADES ACUÍCOLAS Y PESQUERAS

Art. 40.- Seguridad pública en las actividades acuícolas y pesqueras. El ente rector con las autoridades competentes en materia de seguridad pública, coordinarán para que las actividades acuícolas y pesqueras se realicen de manera segura, en el marco del Sistema Nacional de Acuicultura y Pesca.

Art. 41.- Prevención y control de la contaminación ambiental por actividades acuícolas y pesqueras. La Autoridad Ambiental Nacional coordinará con el ente rector y/o con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de sus competencias, el control de la contaminación ambiental y el uso sustentable de los recursos naturales, como resultado de las actividades acuícolas, pesqueras y conexas, mediante las siguientes acciones:

- a. Coordinar el control del desarrollo de las actividades acuícolas y pesqueras;
- b. Verificar que las decisiones o autorizaciones estatales que puedan afectar al ambiente sean consultadas a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente, de conformidad con la Constitución y la ley;
- c. Requerir a los operadores la autorización administrativa en materia ambiental para la realización de la actividad acuícola o pesquera, según corresponda;
- d. Coordinar herramientas de control ambiental destinadas prioritariamente a eliminar, evitar, reducir, mitigar y cesar la afectación ambiental dentro del ramo;
- e. Establecer la administración y manejo de áreas especiales para el aprovechamiento sustentable y sostenible de los recursos hidrobiológicos y de los ecosistemas; y,
- f. Realizar el seguimiento y control de actividades relacionadas con soberanía alimentaria y con la determinación de especies de prohibida importación. Será obligación de las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas que se dediquen a la actividad acuícola y pesquera, en todas sus fases, cumplir con las disposiciones en materia ambiental de conformidad con la normativa ambiental, según corresponda.

Título III

DEL SECTOR ACUÍCOLA

Capítulo I

DE LA ACTIVIDAD ACUÍCOLA

Art. 53.- Ejercicio de la actividad acuícola. Para ejercer la actividad acuícola en todas sus fases, la persona natural o jurídica, nacional o extranjera, deberá contar con el respectivo título habilitante otorgado por el ente rector, conforme esta Ley, el reglamento y demás normativa secundaria que se emita para el efecto.

Las disposiciones previstas en este Capítulo, serán aplicables, en lo que sea pertinente, a las fases de reproducción, cría, cultivo, procesamiento, comercialización y actividades conexas de la actividad acuícola.

Art. 54.- Ordenamiento Acuícola. Se establecerán medidas de ordenamiento, en el marco de gobernanza que concilie el principio de sostenibilidad de los recursos hidrobiológicos, con la obtención de mayores beneficios económicos y sociales, atendiendo a los lineamientos de soberanía alimentaria y a las políticas dictadas por las autoridades nacionales en materia productiva, económica, ambiental y de seguridad alimentaria.

8.14.7 REGLAMENTO AL CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE

Año:2019 Estado: Vigente

TITULO VII ECOSISTEMAS FRAGILES

CAPITULO IV

MANGLARES

Art. 276.- Actividades acuícolas en tierras altas. - Solamente procederá nueva infraestructura o funcionamiento de actividad acuícola en tierras altas, en predios que se encuentren fuera del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, de áreas especiales para la conservación de la biodiversidad, de bosques y vegetación protectores, y de ecosistemas frágiles. Previo a que la Autoridad Nacional de Acuicultura otorgue la autorización respectiva, deberá solicitar a la Autoridad Ambiental Nacional un informe técnico donde se certifique que en el área de implantación del proyecto no existe riesgo de afectación a ecosistemas frágiles. La emisión de dicho certificado se hará previa inspección del área del proyecto, conforme la norma técnica correspondiente. Si de la información contenida en el informe técnico, se determina que la instalación de esta infraestructura afectaría o pondría en riesgo a ecosistemas frágiles, la Autoridad Nacional de Acuicultura negará la solicitud.

8.14.8 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA)

Año: 2015 Estado: Reformado

Se derogan las secciones correspondientes a cacería contenidas en el libro III del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Dado por el Acuerdo Ministerial No. 097 A, publicado en Registro Oficial 387 de miércoles 4 de noviembre de 2015. VI. Este texto está conformado por nueve libros: Libro I De la Autoridad Ambiental, Libro II De la Gestión Ambiental, Libro III Del Régimen Forestal, Libro IV De la Biodiversidad, Libro V De los Recursos Costeros, Libro VI De la Calidad Ambiental, Libro VII del Régimen Especial Galápagos, Libro VIII Del ECORAE y Libro IX Del Sistema de Derechos o Tasas, que han sido objeto de varias reformas emitidas por medio de acuerdos ministeriales del MAE, en función de la dinámica de la gestión ambiental en el país, el nuevo marco regulatorio planteado por la Constitución, desde su emisión, y los avances a nivel internacional, tanto en materia de investigación como en requerimientos legales, que actualmente se presentan para poder ejecutar de mejor forma las actividades que implican los diferentes proyectos de desarrollo (TULSMA, 2015).

8.14.8.1 ACUERDO MINISTERIAL 097 A: ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE

LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE

Año: 2015 Estado: Vigente

El presente Acuerdo Ministerial, corresponde al ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE

EFLUENTES: RECURSO AGUA, que por mandato de la Disposición Transitoria Décima Primera del Acuerdo Ministerial No. 61, publicado en Registro Oficial Suplemento 316 de 4 de Mayo del 2015, dispuso que, se entenderá como vigente hasta que se expida el nuevo.

Y que acorde a lo estipulado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, mediante Acuerdo Ministerial No. 097-A, publicado en el Registro Oficial N° 5 387 ((MAE, 2015), expide los Anexos al Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), donde en el Art. 1 se establecen las «Normas de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua» y se incluyen los criterios de calidad para los distintos usos de las aguas superficiales: consumo humano y uso doméstico, preservación de la vida acuática y silvestre, uso agrícola o de riego, uso pecuario, uso recreativo y uso estético.

9. HIPÓTESIS

¿El sistema alternativo de tratamiento, propuesto en la presente investigación, optimizará la calidad del agua de uso acuícola en el Valle Quillán?

10. METODOLOGÍA

10.1 ÁREA DE ESTUDIO

El Valle Quillán está ubicado en la microcuenca del río Culapachán, pertenece a la parroquia San Miguelito, cantón Santiago de Píllaro de la provincia de Tungurahua (Figura 1). Se encuentra a una altura de 2200 m.s.n.m., su temperatura promedio es de 18 °C, está rodeado de grandes montañas y su principal fuente de abastecimiento hídrico es el Pogyo Uko. A principios de los años 1900, en este sector funcionó el primer generador de energía eléctrica, que abastecía a toda la cabecera cantonal (Vernaza, 2019). La disponibilidad y abundancia de recursos naturales en el lugar, permitió una serie de emprendimientos ecoturísticos, tales como, centros recreacionales y deportivos, fincas agroturísticas, puntos de artesanías, entre otros. Siendo la principal actividad económica y de subsistencia del lugar, la acuicultura de la trucha arcoíris, actividad que surgió de la necesidad e iniciativa de los habitantes y a su vez, de la gran cantidad de agua disponible en la zona. El agua empleada para este fin, proviene de vertientes naturales abundantes en el valle, en ocasiones, su aprovechamiento es circular, es decir que, es aprovechada en varios centros de producción acuícola, previa su descarga al río Culapachán. Este río, corresponde al río Cutuchi, el mismo que, al ingresar dentro del territorio de la provincia de Tungurahua, toma el nombre de Culapachán, se une al río Ambato, para conformar el río Patate (Carvajal Parra, 2017) y posteriormente, la cuenca alta del Pastaza.



Figura 1: Área de estudio

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

10.2 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

Inicialmente, se determinaron los puntos de muestreo, Tabla 3.

Tabla 3: Puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	
Puntos de muestreo	Coordenadas UTM
1 (Afluente del CIA-ED)	X: 774002,2; Y: 9864921,2
2 (Efluente del (CIA-ED)	X: 774007,8 Y: 986492,1

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

Se definió el periodo de caracterización de los parámetros de campo, correspondientes a: fosfatos, nitratos, nitritos, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, temperatura ambiente y temperatura del agua, Tabla 4.

Tabla 4: *Periodo, caracterización parámetros de campo.*

PERIODO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CAMPO	
Periodo de tiempo	Punto de muestreo
Desde: 10/05/21 hasta: 24/05/21	1: Afluente CIA-ED
Desde: 10/06/21 hasta: 24/06/21	2: Efluente CIA-ED

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

Así también, se consideró realizar un análisis de laboratorio químico y microbiológico, para los parámetros: coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno y fosfatos.

Y finalmente, una prueba de Arsénico.

10.2.1 APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA OBJETIVO (ICAOBJ)

El Índice de Calidad de Agua Objetivo ICAOBJ, fue desarrollado y establecido en la Universidad de Chile (Sancha, 2002) y ha sido considerado en varias investigaciones, por la simplicidad de su aplicación (Serna Mosquera, 2019). En la presente investigación, fue seleccionado considerando los siguientes criterios: disponibilidad de los datos obtenidos, simplicidad para su determinación y también, debido a que, según el análisis Mundial de Producción y Comercialización de Trucha para el período 2009-2018, Chile lideró las estadísticas como primer productor mundial de trucha arcoíris, con una producción total de 1.542.935 toneladas (Balin, 2020). Lo cual, justificaría que, en el país, se desarrollen índices propios para la evaluación de la calidad en distintos usos del agua, entre ellos, los medios acuáticos. Por lo tanto, puede ser aplicado para evaluar la calidad del agua, para aprovechamiento de la trucha arcoíris.

Y a continuación, se describe su procedimiento.

Acorde a la investigación presentada por García Quevedo, en el 2012, mediante los parámetros escogidos, este índice categoriza los tramos de un curso de agua superficial, evaluando el impacto en los distintos usos del agua. Considera cada parámetro y los pondera, reflejando la importancia relativa de cada uno de éstos (Vreys, 2016). Así también, permite comparar la calidad de cursos de aguas superficiales, entre zonas de cabecera y zonas intervenidas, tanto espacial como temporalmente.

Selección de parámetros

Los parámetros del ICAOBJ seleccionados fueron: Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Coliformes Fecales. Aceptando que, bajo ninguna instancia, las aguas superficiales deberían contener elementos dañinos para los humanos, animales o vida acuática (Sancha et al, 2001).

En la Tabla 5 se muestran los parámetros y su respectiva unidad de medición, seleccionados en el ICAOBJ.

Tabla 5: *Parámetros seleccionados en el ICAOBJ*

PARÁMETROS SELECCIONADOS EN ICAOBJ	
Parámetro	Unidad de Medición
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	mg/l
Coliformes Fecales (CF)	NMP/100 ml

Fuente: (Sancha et al, 2001) **Elaborado por:** *García Quevedo, 2012*

Agregación de parámetros en ICAOBJ

Se definió a través de una expresión matemática del tipo aritmética ponderada:

$$ICA_{OBJ} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot (ICA)_i \quad \text{Ec. (1)}$$

En dónde:

n: Número de parámetros seleccionados.

(ICA)_i: Índice de calidad ambiental para el parámetro

P_i: Peso atribuido al parámetro i.

Acorde a (Sancha, 2002), el peso asignado a cada uno de los parámetros considerados en el ICAOBJ se estimó evaluando:

- i) La concentración del parámetro en aguas limpias y contaminadas.
- ii) El impacto del contaminante en el ecosistema (vida acuática).
- iii) El impacto del contaminante en el tratamiento posterior del agua.
- iv) El impacto del contaminante en el uso riego y recreación.

A partir de estas consideraciones se determinó un mismo peso de ponderación para todos los parámetros seleccionados en el ICAOBJ. En la Tabla 6, se observan dichas ponderaciones.

Tabla 6: Pesos de ponderación para parámetros del ICAOBJ

PESOS DE PONDERACIÓN PARA PARÁMETROS DEL ICAOBJ	
Parámetro	Peso ponderado P _i
Oxígeno Disuelto (OD)	0,33

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	0,33
Coliformes Fecales (CF)	0,33

Fuente: (Sancha, 2002)

Normalización de parámetros en ICAOBJ

A cada uno de los parámetros que componen el ICAOBJ, le corresponde un grado de calidad ambiental determinado. La calidad de cada parámetro considerado, se estableció a base de criterios y normas de calidad y para obtener valores de calidad comparables, al extremo óptimo se le asignó el valor de 1 y al muy malo el valor de 4, quedando comprendidos entre ambos extremos los valores intermedios de calidad del parámetro (Sancha, 2002). La Tabla 7, indica la normalización de parámetros adoptada en el ICAOBJ.

Tabla 7: Normalización de parámetros seleccionados en ICAOBJ

NORMALIZACIÓN DE PARÁMETROS SELECCIONADOS EN ICAOBJ			
(ICA) _i	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CF [NMP/100ml]
1	OD > 5	DBO ₅ < 2	10 ⁰ < CF ≤ 10 ³
2	3 < OD ≤ 5	2 < DBO ₅ ≤ 60	10 ³ < CF ≤ 10 ⁴
3	0 < OD ≤ 3	60 < DBO ₅ ≤ 100	10 ⁴ < CF ≤ 10 ⁵
4	OD = 0	DBO ₅ ≥ 100	CF > 10 ⁵

Fuente: (Sancha, 2002)

Rangos de calidad en ICAOBJ

La valoración de cada parámetro y su agregado posterior permite obtener el ICAOBJ. De acuerdo al valor obtenido por este índice, es posible clasificar la calidad del agua y determinar su posible uso. En la Tabla 8, se detallan las diferentes categorías de calidad, establecidas para evaluar los cuerpos de agua superficial.

Tabla 8: Categorías de clasificación definidas para el ICA Objetivo.

Valor ICA	Calidad de agua superficial
1,0 ≤ ICA < 1,5	Alta. Apta para uso potable con filtración directa en lecho granular y desinfección. Uso en riego sin restricción.

1,5 ≤ ICA < 2,5	Media. Requieren procesos convencionales de coagulación, decantación, filtración y desinfección. Uso en riego restringido.
2,5 ≤ ICA < 3,0	Baja. Su uso potable requiere tratamientos avanzados (membranas, carbón activado y ozono) adicionales a los convencionales. Inadecuada para riego de hortalizas de consumo crudo.
3,0 ≤ ICA ≤ 4,0	Muy baja. No apta para ningún uso.

Fuente: (Sancha, 2002)

10.2.2 CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, EN BASE AL ANEXO A, ACUERDO MINISTERIAL 097-A 2015, MINISTERIO DEL AMBIENTE, ECUADOR.

La presente norma ambiental, forma parte del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA), fue establecido en el año 2015, por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE), actualmente denominado Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). En su artículo 1, numeral 4, estableció las normas de calidad ambiental y de descarga de efluentes para el recurso hídrico, siendo el principal objetivo, la protección a la calidad del recurso, para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, los ecosistemas y sus interrelaciones.

Es así que, la Tabla 9, muestra los parámetros caracterizados en el afluente del CIA-ED, que fueron ajustados para la clasificación acorde a los valores establecidos bajo los criterios de calidad, del uso dos: preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, frías y cálidas.

Tabla 9: *Criterios de calidad para la preservación de vida acuática y silvestre en aguas dulces, frías y cálidas, según el Acuerdo Ministerial 097 – A.*

Parámetros	Límites Permisibles Uso 2 (Agua dulce)	Afluente del CIA-ED
		Parámetros caracterizados Valor (\bar{x})
Arsénico (mg/l)	0,05	
Ph	6,5-9	
Oxígeno Disuelto (mg/l)	> 8	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	20	
Nitratos (NO ₃ ⁻) (mg/l)	13	
Nitritos (NO ₂ ⁻) (mg/l)	0,2	

(LMP) Límites Máximos Permisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.

(\bar{x}) Valor promedio obtenido en la caracterización de los parámetros.

Fuente: (TULSMA, 2015) **Elaborado por:** *Llugsha N. y Tuso I., 2021.*

Así también, a continuación, en la Tabla 10, se muestran los parámetros caracterizados en el efluente del CIA-ED, que fueron ajustados para la clasificación acorde a los valores establecidos bajo los criterios de calidad: límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 10: *Criterios de calidad acorde a los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el Acuerdo Ministerial 097-A, acorde a los parámetros disponibles.*

Parámetros	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	Efluente del CIA-ED
		Parámetros caracterizados Valor (\bar{x})
Arsénico (mg/l)	0,1	
pH	6-9	
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	2000	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	100	
Temperatura (°C)	±3	

(LMP) Límites Máximos Permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce. (\bar{x}) Valor promedio obtenido en la caracterización de los parámetros.

Fuente: (TULSMA, 2015) **Elaborado por:** *Llugsha N. y Tuso I., 2021.*

10.3 DISEÑO DEL SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO

Según Cervantes, (2003). los constituyentes que componen un sistema de tratamiento, son varios. No obstante, el presente diseño, fue establecido bajo un punto de vista técnico-ambiental, en el cual, se priorizó el tratamiento alternativo del sistema, sin dejar de lado los componentes hidráulicos y de construcción necesarios. Para los cual, se acogió las sugerencias emitidas, según el criterio y la experiencia del personal del CIA-ED y algunos habitantes del valle Quillán.

10.3.1 Selección de los parámetros de diseño.

Se seleccionaron los parámetros, en función de las necesidades del agua, para la especie cultivada: trucha arcoíris, bajo ciertas consideraciones del marco legal nacional e investigaciones realizadas en Chile.

10.3.2 Componente hidráulico

Caudal (Q)

Para dimensionar el sistema, es necesario estimar, el caudal de ingreso. Se realizó mediante el método reflejado en el Manual Práctico de Trucha Arcoíris, que es de carácter volumétrico y fue establecido por la FAO, en el 2016 .

Su cálculo se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{T} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

Q: Caudal

V: Volumen, en lt.

T: Tiempo, \bar{x} en seg.

Dimensiones del sistema y material de construcción

Para establecer la dimensión del sistema, se tomaron las medidas de la altura (h), ancho (a) y largo (l) en el espacio destinado a su construcción, es decir, en el afluente del CIA-ED, mediante un metro y la colaboración del personal del centro.

La Guía de Diseño de la UNEPAR, recomienda, elegir el material de construcción acorde a los requerimientos de resistencia y la mecánica de los procesos operativos, por lo que, el material seleccionado, será establecido bajo este criterio y el presupuesto destinado.

Capacidad y tiempo de Retención

La capacidad del sistema, será obtenido acorde a sus medidas y el caudal del afluente del CIA-ED.

El tiempo de retención, se determinó en base al tratamiento alternativo que se dio al sistema, sin embargo, cabe mencionar que, debido a la necesidad continua del recurso hídrico en los estanques de trucha arcoíris, el tiempo de retención se determinó en función del criterio del personal del CIA-ED y no debe ser extendido, por lo que se encuentra en un rango de tres a cuatro minutos aproximadamente, tiempo en el cual, el agua atravesará el sistema.

Periodo de vida útil

Se considera como tal, al tiempo durante el cual, el diseño cumplirá con su función satisfactoriamente. Para fijarlo se tomará en cuenta la vida útil de los materiales (INFOM & UNEPAR, 1997), lo cual dependerá del presupuesto de inversión predestinado a su construcción. Generalmente el periodo de vida útil de obras similares a la que resultará de la presente investigación, tiene una duración de aproximadamente 25 años.

10.3.3 Componentes mecánicos del sistema de tratamiento

Rejilla: su función será la captación de sólidos gruesos (hojas, residuos de madera y plástico).

Por lo que, es necesario establecer el número de barrotes que tendrá, en función del espacio.

Área útil:

$$AR = Bc * \frac{L}{L+b} \left(1 - \frac{G}{100} \right) \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

AR: Área útil

Bc: Ancho del canal

L: Luz a espacio entre mallas

b: Ancho de malla

G: Grado de colmatación (usualmente se adopta un valor de 30%)

Perdida de carga:

$$H = \frac{Vp^2}{9,8} \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

H: Perdida de carga

Vp: Velocidad de paso del agua a través de la rejilla

Número de barrotes:

$$N = \frac{Bc-L}{b+L} \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

N: Número de mallas

Bc: Ancho del canal

L: Luz o espacio entre mallas

b: Ancho de mallas

Desarenador

Se diseña un desarenador para el caudal determinado, en base a las siguientes consideraciones:

Diámetro de partícula a sedimentar

Corresponde al material sólido a sedimentar.

Cálculo de velocidad de flujo

Utilizamos la fórmula de campo y la constante establecida por la Universidad Cesar Vallejo, 2021

$$v = a\sqrt{b} \quad \text{Ec. (6)}$$

Dónde:

d= Diámetro (mm)

a= Constante en función del diámetro, establecida por la Universidad Cesar Vallejo, 2021

Ancho de cámara asumido

Tomando en cuenta, la siguiente ecuación:

$$0,8 \leq \frac{H}{B} \leq 1 \quad \text{Ec. (7)}$$

Altura de cámara de sedimentación

$$H = \frac{Q}{v \cdot B} \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde

Q= Caudal del diseño

H = Altura

V = velocidad

Verificación de tipo de flujo

$$V = \frac{Q}{A} \quad \text{Ec. (9)}$$

Dónde:

V=Velocidad

Q= Caudal

A= Área

Número de Reynolds (Jaramillo Diaz & Cardenas Bañol, 2015)

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad \text{Ec. (10)}$$

Tabla 11: Especificaciones del número de Reynolds

Número de Reynolds	
Flujo laminar	Re < 2000
Flujo Transicional	2000 < Re < 4000
Flujo turbulento	Re > 4000

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

Velocidad de sedimentación

Se elegirá en función del diámetro de la partícula a sedimentar y el tipo de flujo (Condori, 2010)

A continuación, la tabla planteada para flujo laminar

Tabla 12: *Velocidad de sedimentación para flujo laminar, acorde al diámetro de la partícula*

D mm	Vs cm/s
0,05	0,178
0,1	0,692
0,15	1,56
0,2	2,16
0,25	2,7
0,3	3,24
0,35	3,78
0,4	4,32
0,45	4,86
0,5	5,4
0,55	5,94
0,6	6,48
0,7	7,32
0,8	8,07
1	9,44
2	15,29
3	19,25
5	24,9

Fuente: (Condori, 2010)

Tiempo de retención:

$$Tr = \frac{H}{Vs} \quad \text{Ec. (11)}$$

Dónde:

Tr= Tiempo de retención

H= Altura

Vs= Velocidad de sedimentación, según la tabla

Longitud de cámara

$$L = k * V * Tr \quad \text{Ec. (12)}$$

Coefficiente de seguridad**Tabla 13:** *Coefficiente de seguridad*

Coefficiente de seguridad	
Velocidad de escurrimiento	K
02	1,25
03	1,5
05	2

Fuente: (INFAIMON, 2018)

Transición de entrada

$$Lt = \frac{T2-T1}{2 * \tan(\theta)} \quad \text{Ec. (13)}$$

Donde

T2 espejo de cámara de sedimentación: m

T1 espejo de agua de canal de entrada: m

Fase de Adsorción

La adsorción se utiliza para eliminar de forma individual los componentes de una mezcla gaseosa o líquida. La adsorción es un método ampliamente utilizado para el tratamiento de contaminantes disueltos, diversos residuos agroindustriales han sido explorados como potenciales adsorbentes, mostrando alta eficiencia (Figueroa et al., 2015).

Fase de Ozonización

El ozono se perfila como una herramienta rentable para eliminar partículas orgánicas finas y compuestos disueltos (CORDIS, 2016). Este proceso oxida diferentes compuestos orgánicos mediante la generación de radicales de hidroxilo. Permite: la desinfección completa del agua (eliminando virus y bacterias) y la oxidación de cianuros, manganeso, hierro, nitratos y sulfuros, detergentes, fenoles, pesticidas y herbicidas (Aguilera, 2019).

Fase de Oxigenación

Su objetivo, es incrementar el contacto con el aire, a fin de elevar el contenido de oxígeno disuelto dentro de un sistema. Parte fundamental de airear el agua es la inyección de OD, pero también ayuda a desechar aquellos gases que no son necesarios en el cuerpo acuático. Contribuye a reducir el CO2,

a la remoción del metano, sulfuro de hidrógeno y otros compuestos orgánicos volátiles (Oroxón Fuentes, 2017).

Fase de Fitorremediación

La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo (R. A. N. López et al., 2004).

10.3.4 Modelamiento del sistema en softwares y programas:

Estructura en AutoCAD

Con los datos obtenidos en la visita de campo para la medición de la altura, el ancho y el largo, se procedió a estructurar el piso y las paredes del tanque, a su vez, al encontrarse el afluente, a una altura de 2,35 m, del suelo, el sistema será construido en tres niveles, aprovechando la caída del agua, por gravedad.

Generalmente, se utilizaron conjuntos de líneas, polilíneas, objetos e imágenes web cargadas al software, para proceder posteriormente, al ensamblaje y la asignación de los componentes del sistema. Adicional mediante el programa Blender se reforzó la estructura interna del sistema, imprescindible en la eficiencia de su operatividad.

10.4 SOCIALIZACIÓN Y PROPUESTA DEL SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO

Se realizará en acuerdo mutuo con los integrantes del CIA-ED y la Asociación de acuicultores del Valle Quillán.

11. RESULTADOS

11.1 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

Bajo un estricto protocolo de protección personal y bioseguridad, in situ y acorde a los protocolos e instrucciones para la toma de muestras, establecidos por el fabricante del Kit de Campo o el instrumento de medición correspondiente. En el afluente y el efluente del CIA-ED, se procedió a la caracterización de los parámetros: fosfatos, nitratos, nitritos, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, temperatura ambiente y temperatura del agua.

Cabe mencionar que, los valores obtenidos durante el periodo evaluado: 30 días, se realizó de la siguiente manera: a partir del lunes 10, al lunes 24, de mayo del año en curso, se obtuvieron los valores para los parámetros evaluados en ambos puntos, posteriormente a partir del jueves 10, al jueves 24 de junio, se obtuvo nuevamente, la valoración de los mismos, a fin de establecer una comparación en

los resultados, en base a la transición de la época lluviosa a la época seca, en la región, sin embargo, no se evidenciaron diferencias muy significativas, entre ambos periodos ni ambos puntos. Los valores obtenidos durante el periodo evaluado, se encuentran descritos, a continuación, en la Tabla 14.

Tabla 14: *Determinación de los parámetros de calidad de agua evaluados en campo*

		Punto de muestreo: Punto 1 (Afluente del CIA-ED) Coordenadas: X: 774002,2; Y: 9864921,2 Hora: 10:00 h																		
PARÁMETRO	MÉTODO DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	Caracterización realizada durante el mes de mayo																	
			Fecha de inicio: 10 de Mayo del 2021									Fecha de finalización: 24 de Mayo del 2021								Promedio \bar{x}
			10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
1	Nitritos	Colorimetría	mg/l	0.8	0.8	0.7	1	0.9	1.3	1	1.2	1	1.3	1.2	0.9	1.3	1	1.2	1	
2	Nitratos	Colorimetría	mg/l	33	35	34	37	37	34	39	36	38	35	39	36	33	35	40	36	
3	Fosfatos	Colorimetría	mg/l	2	2.2	2.6	2.3	2.3	2.5	2.4	2.6	2.7	2.3	2.5	2.4	2.5	2.5	2.7	2	
4	Potencial de Hidrógeno	Potenciometría y Colorimetría	UpH	7.9	7.7	8	7.6	7.5	7.5	7.5	7.9	7.5	7.5	7.4	8	7.9	8	7,8	7.95	
5	Oxígeno Disuelto	Químico (Winkler modificado) y Electrometría	mg/l	5.9	5.7	6.1	5.8	5.6	5.9	5.7	6.4	6.1	5.8	5.9	6.1	6.5	5.4	5.9	5.96	
6	Temperatura ambiente	Termometría	(°C)	16	17	14	18	16	15	16	14	15	19	19	17	18	19	18	17	
7	Temperatura del agua	Potenciometría	(°C)	10.1	11.5	9.2	12	10	11	10.2	12.4	9	12	11.4	10.1	11.6	10	12.1	10.6	

			Punto de muestreo: Punto 1 (Afluente del CIA-ED) Coordenadas: X: 774002,2; Y: 9864921,2 Hora: 10:00 h																
PARÁMETRO	MÉTODO DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	Caracterización realizada durante el mes de junio																
			Fecha de inicio: 10 de Junio del 2021								Fecha de finalización: 24 de Junio del 2021								Promedio \bar{x}
			10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
1	Nitritos	Colorimetría	mg/l	0,9	0.7	1	0.9	1	0,8	0,9	0.7	1	0.8	0.9	1	0.9	1	1	0.95
2	Nitratos	Colorimetría	mg/l	36	38	40	33	36	38	38	37	39	39	40	35	37	38	33	37
3	Fosfatos	Colorimetría y	mg/l	2.3	2.6	2.1	2.2	2.6	2.5	2.7	2.3	2.9	2.6	2.5	2.3	2.1	2.6	2.8	2.47
4	Potencial de Hidrógeno	Potenciometría y Colorimetría	UpH	7.5	7.5	7.6	7.9	7.9	8.1	8	8	7.5	7.5	7	7.8	7.8	7.7	7.8	7.66
5	Oxígeno Disuelto	Químico (Winkler modificado) y Electrometría	mg/l	5.2	5	5.2	4.9	5	5.1	5.2	5.4	5.7	5.3	5.8	5.6	5.3	5.6	5.7	5.37
6	Temperatura ambiente	Termometría	(°C)	20	16	20	19	17	17	19	19	18	18	21	19	20	19	18	19
7	Temperatura del agua	Potenciometría	(°C)	10.4	11.1	10.2	11	11.2	12	10	11.7	10.8	11	11.7	11.3	11.9	11.2	12.3	11

Punto de muestreo: Punto 2 (Efluente del CIA-ED) Coordenadas: X: 774007,8 Y; 986492,1 Hora: 16:00 h																				
PARÁMETRO	MÉTODO DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	Caracterización realizada durante el mes de mayo																	
			Fecha de inicio: 10 de Mayo del 2021									Fecha de finalización: 24 de Mayo del 2021								Promedio \bar{x}
			10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
1	Nitritos	Colorimetría	mg/l	1.6	1.4	1.6	1.5	1.3	1.7	1.4	1.4	1.8	1.6	1.1	1	1.1	1.7	1.4	1.48	
2	Nitratos	Colorimetría	mg/l	35	38	37	38	37	38	39	40	38	40	39	39	40	38	40	38,18	
3	Fosfatos	Colorimetría	mg/l	6.9	7.4	6.9	7.2	8.3.	7.6	6.4	6.7	7.4	7.3	8.5	7.4	6.5	7.7.	5.7	7.19	
4	Potencial de Hidrógeno	Potenciometría y Colorimetría	UpH	7.9	8	7.9	7.9	7.5	7.5	7.5	7.9	7.5	7.5	7.9	8	7.9	8	8	8	
5	Oxígeno Disuelto	Químico (Winkler modificado) y Electrometría	mg/l	5.2	5.4	6.1	5.6	6.3	5.9	5.7	5.4	6.1	5.4	6,3	5.4	6.1	5.2	6.1	6.3	
6	Temperatura ambiente	Termometría	(°C)	16	17	14.2	18	16	15	16	14	15	18.7	19	17	18	19	17	17	
7	Temperatura del agua	Potenciometría	(°C)	10.2	11.5	9.3	12.2	10.1	11	10.3	12.5	9.1	12.2	11.4	10.2	11.4	10.1	12	11.5	

			Punto de muestreo: Punto 2 (Efluente del CIA-ED) Coordenadas: X: 774007,8 Y; 986492,1 Hora: 16:00 h																	
PARÁMETRO	MÉTODO DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	Caracterización realizada durante el mes de junio																	
			Fecha de inicio: 10 de Junio del 2021									Fecha de finalización: 24 de Junio del 2021								Promedio \bar{x}
			10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
1	Nitritos	Colorimetría mg/l	0.8	0.8	0.7	1	0.9	1.3	1	1.2	1	1.3	1.2	0.9	1.3	1	1.2	1		
2	Nitratos	Colorimetría mg/l	35	36	34	38	37	38	39	39	38	37	39	35	40	38	36	37.2		
3	Fosfatos	Colorimetría mg/l	7.2	7.3	7.6	7.4	6.9	8.1	6.7	6.9	7.2	7.3	8.1	7.4	6.5	7.4	6.5	7.23		
4	Potencial de Hidrógeno	Potenciometría y Colorimetría UpH	7.9	8	7.9	7.9	7.5	7.5	7.5	7.9	7.5	7.5	7.9	8	7.9	8	8	8		
5	Oxígeno Disuelto	Químico (Winkler modificado) y Electrometría mg/l	5.4	5.3	6.2	5.4	6.2	5.5	5.7	5.9	6.1	5.4	5.5	5.4	6.3	5.2	6.1	5,7		
6	Temperatura ambiente	Termometría (°C)	19	20	20	18	19	18	19	19	18	20	19	18	20	19	18	19		
7	Temperatura del agua	Potenciometría (°C)	10.5	11	10.3	10.9	11.3	11.9	10.1	11.8	10.7	11.1	11.6	11.2	12	11.2	12.3	11.3		

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

A continuación, en la Tabla 15, se detallan los parámetros evaluados adicionalmente.

Los valores de Coliformes Fecales, tomados por una sola vez, en ambos puntos de muestreo, fueron analizados en el laboratorio Laquifarva, de la ciudad de Ambato, se visualiza un incremento considerable en el efluente del CIA-ED, lo cual posiblemente, sea consecuente de los procesos biológicos propios de la especie cultivada.

Situación similar, sucedió con la Demanda Bioquímica de Oxígeno, evaluada en el mismo laboratorio, en dónde se determinó un incremento en el efluente, que posiblemente, sea consecuente de una alta población microbiana que redujo la cantidad de dióxigeno del recurso hídrico.

Finalmente, se evaluó la presencia del metaloide cancerígeno Arsénico, tras considerar que, el agua proviene del Pogyo Uku, vertiente de origen natural, que abastece al Valle Quillán. Se obtuvo un valor escaso, por lo que, el agua del valle no requiere procesos que traten este parámetro.

Tabla 15: *Parámetros evaluados adicionalmente.*

PARÁMETRO	MÉTODO DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	DETERMINACIÓN		
			P1.	P2.	LUGAR
1 Coliformes Fecales	Método de Colilert/Cultivos selectivos	Ufc/1000 ml	1,15x10 ²	1,73x10 ³	Laboratorio Laquifarva - Ambato
2 Demanda Bioquímica de Oxígeno	APH-5210-D	mg/l	0,9	3.5	Laboratorio Laquifarva – Ambato
3 Arsénico	Colorimetría	mg/l	0,016	N/A	Laboratorio de la Carrera de IAMB-UTC

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

11.1.1 APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA OBJETIVO (ICAOBJ)

Según el ICAOBJ, en el afluente del CIA-ED, la calidad del agua es: media. Por lo que, requiere procesos convencionales de coagulación, decantación, filtración y desinfección. Uso en riego

restringido (Tabla 16). En el efluente, se obtuvo que la calidad del agua es muy baja, no apta para ningún uso (Tabla 18)

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PUNTO 1: AFLUENTE DEL CIA-ED

La aplicación de la ecuación 1, determinó que:

$$ICA_{OBJ} = 0,33(1) + 0,33(2) + 0,33(3) * (ICA)_i$$

Datos:

Oxígeno Disuelto (OD) = 5,63 (mg/l)

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) = 0,9 (mg/l)

Coliformes Fecales (CF) = 1,15*10² nmp/100ml

Tabla 15: Determinación de la normalización de parámetros en el punto 1 de muestreo (Afluente CIA-ED)

NORMALIZACIÓN DE PARÁMETROS SELECCIONADOS EN ICAOBJ EN EL PUNTO 1						
(ICA) _i	OD (mg/l)	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CF [NMP/100ml]	CF [NMP/100ml]
1	5,63 > 5	OD > 5	0,9 < 2	DBO < 2	10 ⁰ < 1,15*10 ² < 10 ³	10 ⁰ ≤ CF ≤ 10 ³
2		3 < OD ≤ 5		2 < DBO ₅ ≤ 60		10 ³ < CF ≤ 10 ⁴
3		0 < OD ≤ 3		60 < DBO ₅ ≤ 100		10 ⁴ < CF ≤ 10 ⁵
4		OD = 0		DBO ≥ 100		CF > 10 ⁵

Fuente: (Sancha, 2002) **Elaborado por:** Llugsha N. y Tusó I., 2021.

El valor determinado de (ICA) *i* = 1

Se reemplazan los valores:

$$ICA_{OBJ} = 1,98 * 1$$

$$ICA_{OBJ} = 1,98$$

Finalmente, la categoría de clasificación de ICAOBJ, en el afluente del CIA-ED, resulta en un valor de 1,98, es decir que, presenta una calidad media, por lo que, requiere un proceso convencional de coagulación, decantación, filtración y desinfección, el uso en riego es restringido. Por lo tanto, se puede interpretar que incide negativamente en el ecosistema acuático de la trucha arcoíris.

Tabla 16: Categoría de clasificación definida para el ICAOBJ, en el afluente del CIA-ED

Valor ICA	Calidad de agua superficial
$1,5 \leq 1,98 < 2,5$	Media. Requieren procesos convencionales de coagulación, decantación, filtración y desinfección. Uso en riego restringido.

Fuente: (Sancha, 2002) Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL EFLUENTE DEL CIA-ED

De igual manera, se obtuvo el ICAOBJ, para el efluente del CIA-ED, a continuación, detallado:

$$ICA_{OBJ} = (0,33(1) + 0,33(2) + 0,33(3)) * (ICA)_i$$

Datos

Oxígeno Disuelto (OD) = 6 (mg/l)

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) = 3,5 (mg/l)

Coliformes Fecales (CF) = $1,73 * 10^3$ nmp/100ml

Tabla 17: Determinación de la normalización de parámetros en el punto 2 de muestreo (efluente del CIA-ED)

NORMALIZACIÓN DE PARÁMETROS SELECCIONADOS EN ICAOBJ EN EL PUNTO 1						
(ICA) _i	OD (mg/l)	OD (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	DBO ₅ (mg/l)	CF [NMP/100ml]	CF [NMP/100ml]
1	6 > 5	OD > 5		DBO < 2		$10^0 \leq CF \leq 10^3$
2		$3 < OD \leq 5$	$2 < 3,5 < 60$	$2 < DBO_5 \leq 60$	$10^3 < 1,73 * 10^3 \leq 10^4$	$10^3 < CF \leq 10^4$
3		$0 < OD \leq 3$		$60 < DBO_5 \leq 100$		$10^4 < CF \leq 10^5$
4		OD = 0		DBO \geq 100		CF > 10^5

Fuente: (Sancha, 2002) Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

El valor determinado de (ICA) $i = 1$

Se reemplazan los valores:

$$ICA_{OBJ} = 1,98 * 2$$

$$ICA_{OBJ} = 3,96$$

Finalmente, la categoría de clasificación de ICAOBJ, en el efluente del CIA-ED, resulta en un valor de 3,96, es decir que, presenta una calidad muy baja, por lo que, no es apta para ningún uso. Por lo tanto, se puede afirmar que, el cultivo de trucha arcoíris, reduce gradualmente la calidad del agua, para lo cual, la implementación de sistemas de tratamiento, es necesaria.

Tabla 18: Categoría de clasificación definida para el ICAOBJ, en el efluente del CIA-ED

Valor ICA	Calidad de agua superficial
$3,0 \leq 3,96 \leq 4,0$	Muy baja. No apta para ningún uso.

Fuente: (Sancha, 2002) Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

11.1.2 CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA, EN BASE AL ACUERDO MINISTERIAL 097-A.

Tras la clasificación de nueve de los parámetros evaluados, en el agua afluente y afluente del CIA-ED, según el Acuerdo Ministerial 097-A, se detallan a continuación

Clasificación de la calidad del agua en el afluente del CIA-ED, en base al Anexo A, Artículo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A

Los niveles de Nitratos y Nitritos no se encuentran bajo los límites máximos permisibles, a su vez, el OD no se encuentra bajo los límites mínimos permisibles para la preservación de la vida acuática, lo cual justificaría la elevada tasa de mortalidad de la especie cultivada.

Tabla 19: Criterios de calidad para la preservación de vida acuática y silvestre en aguas dulces, frías y cálidas, según el Acuerdo Ministerial 097 – A.

Parámetros	Límites	Afluente del CIA-ED
	Permisibles Uso 2 (Agua dulce)	Parámetros caracterizados Valor (\bar{x})
Arsénico (mg/l)	0,05	0,016
pH	6.5-9	7.8
Oxígeno Disuelto (mg/l)	> 8	5.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	20	0.9
Nitratos (NO_3^-) (mg/l)	13	36.6
Nitritos (NO_2^-) (mg/l)	0.2	0.96

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

Clasificación de la calidad del agua en el efluente del CIA-ED, en base al Anexo A, Artículo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A

La clasificación realizada, en función de los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce para los parámetros ajustados, evidenció que, los mismos, se encuentran bajo los límites establecidos, a excepción de la temperatura, por lo que, se podría afirmar que la acuicultura de la trucha arcoíris a media escala, no produce impactos severos en la calidad del agua del cuerpo hídrico receptor.

Tabla 20: Criterios de calidad acorde a los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el Acuerdo Ministerial 097-A, acorde a los parámetros disponibles.

Parámetros	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	de	Efluente del CIA-ED
		a un cuerpo de agua dulce	Parámetros caracterizados Valor (\bar{x})
Arsénico (mg/l)	0.1		0.016
pH	6-9		8
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	2000		1730
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	100		3.5
Temperatura (°C)	±3		11.4

Elaborado por: Llugsha N. y Tusó I., 2021.

11.2 DISEÑO DEL SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO

En función de los resultados obtenidos, acorde a la disponibilidad de los parámetros evaluados y el fin para el cual, se destinó el diseño fue compuesto de la siguiente manera

11.2.1 Selección de los parámetros evaluados y tratamiento.

Se enfatizará en la optimización del Oxígeno Disuelto (OD), ya que, es de vital relevancia para el correcto desarrollo de la trucha arcoíris, considerando lo mencionado por Avkhimovich, 2013, es el parámetro más importante para mantener el nivel de productividad deseado en esta actividad.

Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los debido a la intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas y sus concentraciones (LENTENCH, 2015), a la vez, los fosfatos en la acuicultura, deben ser controlados puesto que, al existir un alto nivel de estos, se produciría eutrofización en los estanques, entre otras complicaciones y finalmente, en función de criterios de salud e higiene, entre los parámetros a optimizar se consideró también,

coliformes fecales, debido al riesgo que estos conllevarían en la salud del consumidor, en caso de estar presentes en el producto final de la trucha arcoíris .

Tabla 21: Selección de los parámetros a optimizar

Parámetro	Tratamiento
Oxígeno Disuelto (OD)	Oxigenación
Nitratos (NO₃⁻)	Adsorción
Fosfatos (PO₄³⁻)	Fitorremediación
Coliformes Fecales	Ozonización

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

Adicionalmente, en el sistema, se contemplará la remoción de otros contaminantes, en base a la capacidad de los tratamientos empleados.

11.2.2 Componente hidráulico

Caudal

El caudal del afluente del CIA-ED, fue determinado acorde a los resultados de la siguiente tabla

Tabla 22: Recolección de datos para la determinación del caudal del afluente

DATOS DEL ALFUENTE DEL CIA-ED	
Repetición	Tiempo (s)
1	1,9
2	2
3	1,8
4	2
Promedio	2

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

A continuación, se aplicó la ecuación 2, anteriormente ya descrita.

$$Q = \frac{20 (L)}{2 (s)}$$

$$Q = 10 \text{ L/s}$$

$$Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal de ingreso al CIA-ED, es de 0,01m³/s, el cual abastece a los estanques de producción.

Dimensiones del sistema y material de construcción

Para establecer la dimensión del sistema, se tomaron las medidas de la altura (h), ancho (a) y largo (l), en el espacio destinado a la construcción, en la Tabla 23, detallados

Tabla 23: Medidas destinadas a la dimensión del sistema

Dimensión	Tamaño (m)
Largo	4,5 m
Ancho	3 m
Alto	2m

Elaborado por: Llugsha N. y Tusó I., 2021.

Capacidad y tiempo de Retención

La capacidad del sistema, en función de sus medidas y caudal, será de aproximadamente 15.000 litros, y el tiempo de retención será de un minuto y doce segundos, lo cual, fue estimado en función del volumen del sistema, a la vez, cabe mencionar la importancia de que el caudal de ingreso a los sistemas de producción, debe ser continuo, por lo que, los componentes del tratamiento, serán lo suficientemente eficientes en la optimización del agua del afluente.

Periodo de vida útil

El periodo de vida útil de obras similares a la que resultará de la presente investigación, tiene una duración de aproximadamente 25 años, puesto que, el material empleado será principalmente el hormigón.

11.2.3 Componentes mecánicos del sistema de tratamiento

Rejilla:

Su función será la captación de sólidos gruesos (hojas, residuos de madera y plástico) y el número de barrotes de la misma, se encuentra descrito a continuación

Obtención del área útil, en función de la ecuación 3, anteriormente detallada

Área útil:

$$AR = 3m * \frac{0,1m}{0,1m+0,1m} \left(1 - \frac{30}{100} \right)$$

$$AR = 1,5 m$$

A continuación, la pérdida de carga, se encuentra determinada en función de la ecuación 4.

Perdida de carga:

$$H = \frac{0,02}{9,8}$$

$$H = 0,002m$$

Número de barrotes, determinado mediante la ecuación 5.

$$N = \frac{3m-0,1m}{0,1m+0,1m}$$

$$N = 14$$

En función de la ecuación aplicada, el número de barrotes ideales en la rejilla del sistema será de 14.

Desarenador

Se diseñó un desarenador para un caudal de ($Q: 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$),

Diámetro de partícula a sedimentar

El material solido a sedimentar, son partículas de arena fina

Cálculo de velocidad de flujo

Utilizamos la fórmula 6, y la constante en función del diámetro, establecida por la Universidad Cesar Vallejo, 2021

$$v = a\sqrt{b}$$

Para $d = 0,25 \text{ mm}$ $a = 44$

$$v = 44\sqrt{0,25}$$

$$v = 22 \text{ cm/s}$$

$$v = 0,22 \text{ m/s}$$

Tabla 24: Constante en función de diámetro

CONSTANTE EN FUNCIÓN DE DIÁMETRO	
A	D
51	< 0,1
44	0,1 – 1
36	>1

Fuente:(Universidad Cesar Vallejo, 2021) **Elaborado por:** Llugsha N. y Tuso I., 2021.

Ancho de cámara asumido

Obtenido mediante la ecuación 8

$$0,8 \leq \frac{H}{B} \leq 1$$

$$0,8 \leq \frac{2m}{3m} \leq 1$$

$$0,8 \leq 0,66 \leq 1$$

Relación H/B = 0,11 Cumple la condición

Altura de cámara de sedimentación

$$Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 1,2$$

Verificación de tipo de flujo

$$V = \frac{0,01 \text{ m}^3/\text{s}}{13,5 \text{ m}^2}$$

$$V = 0,0007 \text{ m/s}$$

Numero de Reynolds

$$Re = \frac{0,0007 \text{ m/s} \cdot 0,2 \text{ m}}{0,00001 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 148,14$$

Considerando las especificaciones de Reynolds tenemos un flujo laminar

Tabla 25: Constante en función de diámetro

Número de Reynolds	
Flujo laminar	Re < 2000
Flujo Transicional	2000 < Re < 4000
Flujo turbulento	Re > 4000

Elaborado por: Llugsha N. y Tusó I., 2021.

Velocidad de sedimentación

Considerando que, el diámetro de la partícula a sedimentar, será de 0,25, seleccionamos la tabla de valores de velocidades de sedimentación, propuesta por Arkhangelski

Tabla 26: Selección de la velocidad de sedimentación

D mm	Vs cm/s
0,05	0,178

0,1	0,692
0,15	1,56
0,2	2,16
0,25	2,7
0,3	3,24
0,35	3,78
0,4	4,32
0,45	4,86
0,5	5,4
0,55	5,94
0,6	6,48
0,7	7,32
0,8	8,07
1	9,44
2	15,29
3	19,25
5	24,9

Elaborado por: Llugsha N. y Tusó I., 2021.

D= 0,25 mm diámetro de la partícula

$$V_s = 2,7 \text{ cm/s}$$

$$V_s = 0,027 \text{ m/s}$$

Tiempo de retención

El tiempo de retención del desarenador será de 0,027 m/s

$$Tr = \frac{H}{v_s}$$

$$Tr = \frac{1,2 \text{ m}}{0,027 \text{ m/s}}$$

$$Tr = 45 \text{ s}$$

Longitud de cámara

$$L = k * V * Tr$$

Coeficiente de seguridad

Tabla 27: *Coeficiente de seguridad*

Coeficiente de seguridad	
Velocidad de escurrimiento	K
02	1,25
03	1,5
05	2

Fuente: (INFAIMON, 2018)

$$L = 2 \text{ cm/s} * 0,5 * 45s$$

$$L = 50 \text{ cm}$$

$$L = 0,50 \text{ m}$$

Transición de entrada

$$Lt = \frac{T2-T1}{2 * \tan(12,5)}$$

Donde

T2 espejo de cámara de sedimentación 1,5 m

T1 espejo de agua de canal de entrada 1,2 m

$$Lt = \frac{1,5 \text{ m} - 1,2 \text{ m}}{2 * \tan(12,5)}$$

$$Lt = 0,001 \text{ m}$$

Fase de Adsorción

Base removible, de tusa de maíz molida, 40 cm de espesor.

El maíz (*Zea mays*), es una planta gramínea originaria de América, considerada como el cereal con mayor volumen de producción a nivel mundial, contiene una innumerable diversidad de usos. Hoy en

día, sus residuos, se establecen como una alternativa que contribuye a la preservación de los ecosistemas del planeta. Acorde a la investigación realizada por Andrés Merino Restrepo, estudiante de la Universidad Nacional de Colombia, la tusa de este cereal es capaz de absorber el tinte que se emplea en la industria alimentaria, textil y cosmética, con una eficiencia del proceso del 98 %, en doce horas. Así también, el anteproyecto denominado “Desnitrificación Biológica Mediante el Uso de Desechos Orgánicos Agrícolas Como Medio de Soporte y Fuente de Carbono”, planteado por (Vallester, 2016), buscó la creación de un filtro construido a escala de laboratorio y sometido a diferentes cargas hidráulicas para remover nitrato del agua. Por otra parte, Janqui Guzman, 2018, acondicionó este residuo en la generación de carbón activado, como adsorbente para la remoción de metales pesados de aguas residuales de procesamiento de varios minerales, así como colorantes de aguas residuales que genera la industria textil y otras fuentes.

Es así que, en el presente estudio, se consideró el uso del residuo principal del maíz, la tusa o coronta, a fin de construir una base removible, con un filtro de 40 cm de espesor (al fondo del tanque), constituida del molido de este material. La misma que, formará parte de los tres niveles del sistema alternativo de tratamiento propuesto y será desmontable, permitiendo su mantenimiento. Al ser una alternativa nueva y no muy investigada, en el presente trabajo, se plantea el siguiente procedimiento, para su implementación:

Recolección de la materia prima de la base (tusa de maíz), para posteriormente ingresar a una fase de lavado, secado y molido, finalmente, su ingreso al sistema, estará compuesto de la siguiente manera: la base del filtro, será de 40 cm de grosor, 1m de largo y 3 m de ancho, contendrá en sus cuatro esquinas, varillas de 0,6m con sostenedores incluidos, lo cual, permitirá sacar la base cuando necesite mantenimiento, determinado acorde al nivel de deterioro de la materia prima empleada en el filtro.

Considerando la compra de 1mx3m de malla de armadura llana, destinada directamente a procesos de microfiltración, compuesta por un material acero inoxidable y una varilla que será cortada para las esquinas y soldada a la base, se aprecia que tendrá un costo accesible.

Pese a ser una alternativa nueva, en base a la información bibliográfica revisada, la composición de la tusa de maíz, permite una alta concentración de contaminantes sobre la superficie del sólido, por lo que, permitirá optimizar la calidad del agua, gradualmente, principalmente, en la reducción de nitratos y posibles metales no identificados. Por lo que, también este método, fue seleccionado a fin de evaluar la capacidad exacta de remoción de la tusa de maíz, mediante el análisis físico químico del

agua, antes y después de ingresar al sistema, de este modo, la valoración precisa de la tusa de maíz, podrá determinarse con precisión.

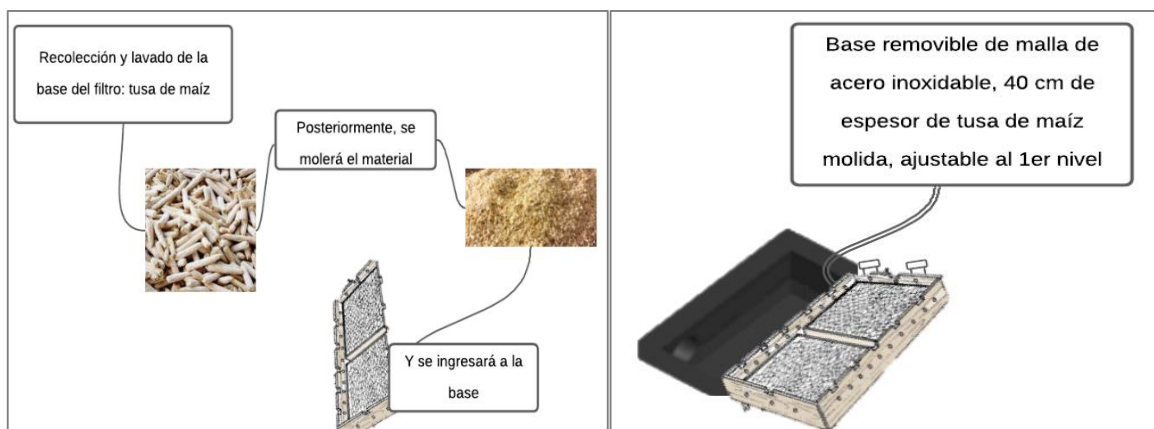


Figura 2: Diseño del filtro a base de tusa de maíz

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

Fase de Ozonización

Debido a sus numerosas ventajas sobre los métodos tradicionales de tratamiento de agua, el ozono es cada vez más utilizado en la acuicultura, ya que, oxida la materia orgánica, precipita materia disuelta, desinfecta el agua, reduciendo las pérdidas por muerte, incrementa el nivel de oxígeno disuelto, elimina de forma efectiva orgánicos, pesticidas, nitratos (Ozono21, 2016). Varios autores, han demostrado la rapidez de actuación del ozono, frente a bacterias, virus y protozoos, observando la inactivación de coliformes y bacterias patógenas (De Coss, 2013). Por lo que, para disminuir la cantidad de coliformes fecales, presentes en el agua, se consideró la implementación de un generador de Ozono, el mismo que, destruirá directamente el ácido ribonucleico o el ácido desoxinucleico de virus y dañará la composición de la membrana celular, resultando en la muerte de las bacterias y mohos presentes en el agua (I-A REVOLUTION, 2012)



Figura 3: Generador de Ozono

Tomado de: <https://ia-revolution.com/accesorios/generador-de-ozono/generador-de-ozono-mini/>

Fase de Oxigenación

La presencia de oxígeno disuelto en el agua destinada a la producción acuícola, es el parámetro más importante para su adecuada producción, al observarse valores deficientes, la implementación de una Bomba de aireación sumergible. Lo cual, permitirá el ajuste de este parámetro acorde a las condiciones requeridas en los diferentes estanques, ya que, podrá configurarse acorde a la cantidad de aireación requerida.



Figura 4: Bomba de aireación

Tomado de: <https://www.acuatica.com.ec/brand/10-aventura-acuatica-acuario>

Fase de Fitorremediación

La efectividad que poseen las macrófitas flotantes en la depuración de aguas residuales con contenidos de materias orgánicas y nutrientes ha sido estudiada por varios autores. Las islas flotantes artificiales, aparecieron hace dos décadas, como una evolución natural de los humedales artificiales o filtros verdes y se han estudiado en diversas partes del mundo, para diferentes aplicaciones, tales como la mejora de la calidad del agua, la creación de hábitats y la depuración de distintos tipos de aguas residuales (Bermeo Zapata & Tigse Masapanta, 2019). Por lo que, para la fase final del sistema, se consideró una serie compuesta por tres islas flotantes artificiales de Achira (*Canna Indica*), las mismas que, posterior a su fase de preparación, serán incorporadas en el tercer y último nivel de nuestro sistema alternativo de tratamiento.



Figura 5: Isla Flotante Artificial

Tomado de: <https://lahora.com.ec/noticia/1102216418/se-crean-islas-para-preservar-el-agua>

11.2.4 Modelamiento del sistema en softwares y programas

Tras lo anteriormente detallado, se obtuvo el resultado final del sistema alternativo de tratamiento, propuesto para la optimización de varios parámetros, importantes en el correcto desarrollo de la trucha arcoíris y la salud de los ecosistemas en general.

Cabe mencionar que, varios de sus componentes, se encuentran diseñados acorde a los requerimientos de los propietarios del CIA-ED, por lo que, ciertos factores, como el tiempo de retención del agua en el sistema, no fueron estimados matemáticamente, sino más bien, establecidos acorde a su necesidad, la cual es continua, por lo que, la eficiencia del sistema, será estimada cuando este se encuentre en su fase de operatividad y mantenimiento, mientras tanto, únicamente fue establecido bajo el criterio de las investigadoras y los habitantes del valle.

Es así que, se propone el presente sistema alternativo de tratamiento (Figura 6), para la optimización del agua de uso acuícola.

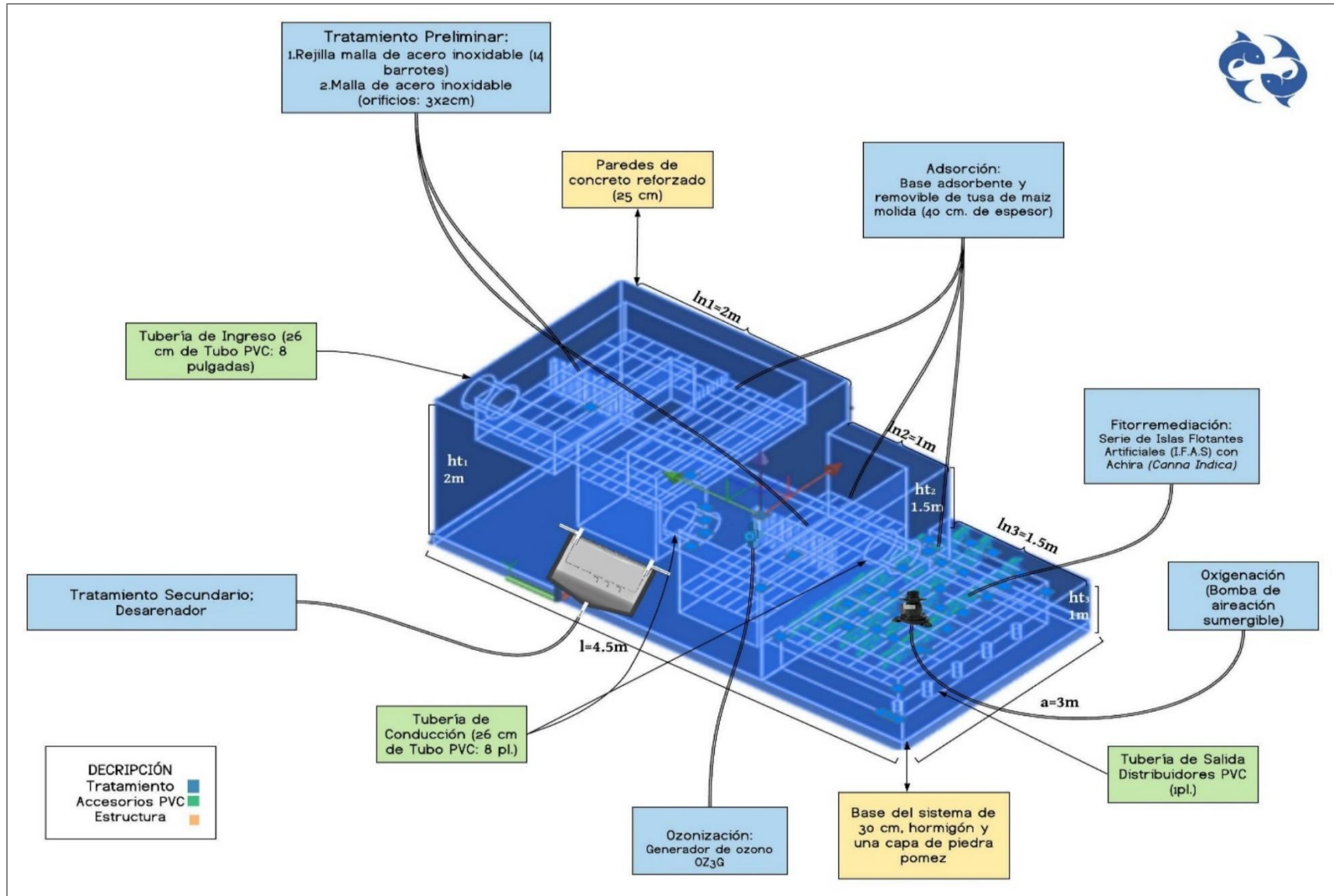


Figura 6. Sistema alternativo de tratamiento propuesto

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso I., 2021.

11.3 SOCIALIZACIÓN Y PROPUESTA DEL SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO

La propuesta fue socializada, en el Valle Quillán, la misma, tuvo un alto grado de aceptación, pues los acuicultores y habitantes en general, son muy conscientes de la deficiente calidad que tiene el agua en el lugar, por lo que, en coordinación mutua, contribuirán en la construcción del diseño planteado, en el CIA-ED, a fin de evaluar su eficiencia y posterior replicación a nivel local.



Figura 7. Socialización del sistema alternativo de tratamiento propuesto, en el Valle Quillán.

Elaborado por: Llugsha N. y Tuso

12. IMPACTOS: AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS

12.1 IMPACTOS AMBIENTALES

Por medio de la presente investigación, se plantea una alternativa viable para la optimización de la calidad del agua en el valle acuícola Quillán, contribuyendo de este modo, en la gestión integral de los recursos hídricos y el derecho de vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, como lo establece la carta magna nacional. Así también, el acondicionamiento e implementación del sistema, acorde al criterio y las consideraciones del interesado, permitiría el mejoramiento del recurso hídrico, en varios aspectos.

12.2 IMPACTOS SOCIALES

Aportar una solución realizable, a un problema común del valle acuícola Quillán y seguramente de múltiples sitios dedicados a la producción de trucha arcoíris, permitirá brindar un producto de mejor

calidad, lo cual, mejorará las oportunidades de esta actividad y posiblemente ampliará el interés de las autoridades y la academia, en este campo.

12.3 IMPACTOS ECONÓMICOS

Como ya se mencionó, la acuicultura de la trucha arcoíris, permite la mayor parte de ingresos del CIA-ED y del valle Quillán, en general. Por lo que, contrarrestar las pérdidas económicas que básicamente, resultan de la mortalidad de la especie en su etapa más joven y sensible, consecuente de la deficiente calidad del agua que abastece los estanques, se torna una necesidad. Mediante la implementación del diseño propuesto, se optimizará el recurso hídrico, adecuando las condiciones para su aprovechamiento, lo cual, incrementará el rendimiento productivo y, por ende, permitirá mayores beneficios para los habitantes.

13. PRESUPUESTO

En la Tabla 28, se detalla el presupuesto empleado en la realización del proyecto: Evaluación de la calidad del agua y diseño de un sistema alternativo de tratamiento, en el valle acuícola Quillán, Tungurahua – Ecuador, 2021.

Tabla 28: *Presupuesto para la realización del presente proyecto*

RECURSOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR/UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
DE OFICINA	Libretas	2	1.00	2.00
	Esferos	4	0.40	1.60
	Lápices	4	0.40	1.60
	Resma de hojas	1	5.50	5.50
	Impresora (Cartucho de tinta)	1	45	45.00
TECNOLÓGICOS	Computador	2 (300 horas)	0.60	360
	Software y programas (AutoCAD, Arc gis, Blender)	3	600	1800
	Teléfono celular (Gps y cámara)	2	250	500
	Calculadoras	2	15.0	30.00
	USB	2	12	24
	Kit de campo Seachem, para la medición de Fosfatos	1	45	45

REACTIVOS Y EQUIPOS	Kit de campo Seachem, para la medición de Nitritos y Nitratos	1	45	90
	Kit de campo Hanna, para la medición de Oxígeno Disuelto	1	1.200	1.200
	Caja de tiras de pH Merck	1	16	16
	Caja de tiras de pH Merck	1	16	16
	Agua destilada	2	1.50	3
	Frascos de muestreo	120	0,20	24
	Electrodo digital de pH	1	65	65
	Apera			
	Test de campo Lamotte, para la medición de Arsénico (Facilitado por el laboratorio de la carrera de IAMB, UTC)	1	0	0
	Multiparámetro Orbeco (Facilitado por el laboratorio de la carrera de IAMB, UTC)	1	0	0
ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIÓLOGICO, LAQUIFARVA LAB.	Análisis de: Coliformes Fecales, DBO ₅ y Fosfatos	2	54	108
OTROS	Alimentación	2 (1 mes)	2,50	150
	Transporte	2 (1 mes)	2	120
	Imprevistos	5	5	25
TOTAL				4,543

Elaborado por: Llugsha N. y Tusó I., 2021.

A continuación, la tabla 29, presenta el presupuesto estimado, para la construcción del sistema de tratamiento alternativo, propuesto en la presente investigación. Se estimó que aproximadamente \$440 serían necesarios para cubrir los gastos de construcción del sistema, teniendo en cuenta la predisposición de los acuicultores con respecto a la mano de obra y la recolección y preparación de los materiales del tratamiento, lo cual, comparado a las pérdidas económicas ocasionadas por la muerte de la especie, por las deficientes condiciones de su hábitat, es mínimo, por lo que, el sistema es económica y ambientalmente viable.

Tabla 29: Presupuesto estimado para la implementación del sistema alternativo de tratamiento

RECURSO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR/UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
HUMANO	Mano de obra para la construcción del tanque	5 personas (12 días)	N/A (Personal voluntario)	0.00
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	Cemento	8 costales	7	56
	Arena	30 costales	N/A	0.00
	Piedra Pómez	3 costales	12	45
	Varilla de acero inoxidable	18 metros	2.00	36
	Malla en acero inoxidable	1 rollo	35	35
ACCESORIOS Y TUBERÍAS	Tubo PVC de 5 pulgadas	2 metros	5	10
	Distribuidores de agua	5	1	5
	Bomba de aire sumergible	1	75	75
MATERIAL PARA EL TRATAMIENTO	Generador de Ozono	1	175	175
	Plantas de Achira	10	N/A	0.00
	Tusa de maíz molida	20 costales	N/A	0.00
	Rejillas	2	18	18
			TOTAL	440

Elaborado por: Llugsha N. y Tusó I., 2021.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Acorde a los parámetros evaluados por el ICAOBJ, se determinó que, la calidad del agua del afluente del CIA-ED, no tiene las condiciones óptimas para el cultivo de la trucha arcoíris y con respecto al efluente, se determinó que la calidad del agua descargada al río Culapachán, es deficiente. Así también, el ajuste de los parámetros para la clasificación según el Acuerdo Ministerial 097-A, coincidió con el ICAOBJ, con respecto a que el agua del afluente, no es apta para la preservación de vida acuática en aguas dulces, sin embargo, al clasificar el agua del efluente, bajo algunos de los parámetros considerados en los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, se observó que, en su mayoría, se encuentran bajo lo establecido.

- El potencial del material, tratamiento y equipos, propuestos en el presente diseño, permitirá la optimización de varios de los parámetros, prioritarios en el cultivo de la trucha arcoíris, a la vez que, reducirá la degradación del cuerpo hídrico receptor: el río Culapachán.
- Tras considerar la viabilidad en la implementación del sistema de tratamiento planteado, los acuicultores del valle Quillán, decidieron contribuir en la construcción del diseño propuesto, en el CIA-ED, a fin de evaluar la eficiencia del sistema en la producción acuícola, lo cual, se verá reflejado en la disminución de la tasa de mortalidad de la especie.

Recomendaciones

- Se recomienda principalmente, la implementación del sistema alternativo de tratamiento propuesto, a fin de evaluar su eficiencia.
- Profundizar el estudio y la investigación del sistema alternativo de tratamiento resultante de la presente investigación, para que, una vez validado por un equipo multidisciplinario, sea mejorado y posteriormente planteado como una alternativa viable para optimizar la eficiencia en la productividad de la trucha arcoíris y la reducción de la degradación hídrica a mayor escala.

BIBLIOGRAFÍA

Agua, I. M. de T. del. (2019, August 1). *¿Qué es una cuenca?* [Informativa]. gob.mx.

<http://www.gob.mx/imta/articulos/que-es-una-cuenca-211369>

Aguilera, J. (2019, November 28). *¿Qué es la ozonización del agua?* Tratamientos de ozonización.

<https://www.elmejor10.com/tratamientos-de-ozonizacion/>

American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment

Federation. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. APHA-

AWWA-WEF.

Antón, A., & Lizaso, J. (2001). Nitritos, nitratos y nitrosaminas. *Fundación Ibérica Para La Seguridad Alimentaria. Madrid, España.*

ASALE, R.-, & RAE. (2020). *Agua | Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/agua>

Avendaño, R. (2016). Subcuencas y Microcuencas Hidrográficas. *Obtenido de [https://Es. Slideshare.](https://es.slideshare.net/Kimberlynveronica/Subcuencas-y-Microcuencas)*

Net/Kimberlynveronica/Subcuencas-y-Microcuencas.

- Balin, D. (2020, November 6). Nuevo análisis ubica a Chile liderando la Producción Mundial de Trucha Arcoíris. *Nuevo Análisis Ubica a Chile Liderando La Producción Mundial de Trucha Arcoíris*. <https://aquafeed.co/entrada/nuevo-analisis-ubica-a-chile-liderando-la-produccion-mundial-de-trucha-arcoiris-23791>
- BAUTISTA COVARRUBIAS, J. C., RUIZ VELAZCO ARCE, J., & DE JESUS, M. (2011). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. *CONACYT*.
- Bermeo Zapata, R. E., & Tigse Masapanta, W. T. (2019). *Islas Flotantes Artificiales con achira (Canna indica), como alternativa para la remoción de Nitratos y Fosfatos de agua procedente del rio Cutuchi*. Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Biblioteca Agrícola Nacional de EE.UU. (2013). *ALEVÍN - ¿Qué es alevín? - Significado, definición, traducción y sinónimos para alevín* [Informativa]. Boletínagrario.com; boletinagrario.com. <https://boletinagrario.com/ap-6,alevin,1268.html>
- Blanco-Cachafeiro, M. C. (1995). La trucha: Cría industrial. *Ediciones Mundi Prensa, Madrid*.
- Boards, W. (2013). *Recursos para Agricultores—Nitrato en el agua*.
- Bozoğlu, M., Ceyhan, V., Cinemre, H. A., Demiryürek, K., & Kiliç, O. (2007). Important factors affecting trout production in the Black Sea Region, Turkey. *Czech Journal of Animal Science*, 52(9), 308–313.
- Breed, R. S., & Norton, J. F. (1937). Nomenclature for the colon group. *American Journal of Public Health and the Nations Health*, 27(6), 560–563.
- Buenaño, M. V. (2019). Hemograma de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres etapas de producción en la cuenca alta de la provincia del Napo, Ecuador. *Boletín Técnico, Serie Zoológica*, 9(6), Article 6. <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-serie-zoologica/article/view/1426>
- Camacho, A., Giles, M., Ortigón, A., Palao, M., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). *Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos. Segunda edición. Facultad de Química. UNAM. México*.

- Carvajal Parra, E. X. (2017). *Análisis integral de la calidad de agua del río Ambato, mediante la utilización de indicadores biológicos, complementadas con variables físico-químicas, para la generación de propuestas de gestión*. Quito, 2017.
- Cervantes, A. C. (2003). *Análisis experimental y diseño de un sistema de tratamiento natural para agua residual, estructurado por un humedal artificial así como la reinyección y monitoreo del agua tratada en el subsuelo*.
- Chán Santisteban, M. L., & Peña, W. (2015). Evaluación de la calidad del agua superficial con potencial para consumo humano en la cuenca alta del Sis Icán, Guatemala. *Cuadernos de Investigación UNED*, 7(1), 19–23.
- CIMIANO, P. C., & ALVAREZ, J. A. G. (1985). Algunos datos de su existencia en Cantabria. *Vol. VII*, 63.
- Condori, H. (2010). ``Criterios de Diseño de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico. *Lima: Autoridad Nacional Del Agua*.
- CORDIS. (2016). *Tratamiento con ozono en la acuicultura | Results In Brief*.
<https://cordis.europa.eu/article/id/150451-ozone-cleaning-in-aquaculture-industry/es>
- Cruz, L. C. H., Araceli, C. E., & Claudia, T. G. (2016). Perfil de ácidos grasos de la carne de trucha arcoiris después de su cocción al vapor y los beneficios de su consumo a la Salud. *XIKUA Boletín Científico de La Escuela Superior de Tlahuelilpan*, 4(8).
- Damo, R., & Icka, P. (2013). Evaluation of Water Quality Index for Drinking Water. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(4).
- De Coss, G. G. (2013). *Investigación técnica y económica sobre desinfección de aguas residuales por sistemas de oxidación*. Universidad Politécnica de Madrid.
- De La Oliva, G. (2011). Manual de buenas prácticas de producción acuícola en el cultivo de trucha arco iris. *Recuperado de <https://docplayer.es/6836930-Manual-de-Buenas-Practicas-de-Produccion-Acuicola-En-El-Cultivo-De-Trucha-Arco-Iris.html>*.
- De la Oliva, G. (2011). Manual de buenas prácticas de producción acuícola en el cultivo de trucha arco iris. *Recuperado El, 20*.

- Diario, C. (2017, June 20). *Truchas de la región Junín en riesgo por aguas contaminadas*.
<https://diariocorreo.pe/edicion/huancayo/truchas-de-la-region-junin-en-riesgo-por-aguas-contaminadas-756961/>
- Esneca. (2019, October 9). Qué es AutoCAD: Usos y funcionalidades del software [Informativa].
Esneca Business School. <https://www.esneca.com/blog/que-es-autocad/>
- Espinosa, F. F. R., Galarraga, R., Salazar-Córdova, R., Narváez, N., & Ananganó-Ayala, P. (2019).
BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LA CONSERVACIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS ANDINAS.
Revista Geoespacial, 15(2), 112–126. <https://doi.org/10.24133/geoespacial.v15i2.1265>
- FAO. (2016). *Manual Práctico de Cultivo de Trucha Arcoíris | Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura* [Informativa]. *Agronoticias: Actualidad Agropecuaria de América Latina y El Caribe*. <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/516941/>
- FAO Fisheries & Aquaculture. (2019). *FIGIS - Fisheries Statistics—Aquaculture* [Informativa]. Global Aquaculture Production 1950-2019.
<http://figisapps.fao.org/figis/servlet/TabSelector#lastnodeclicked>
- Fernández-Santisteban, M. T. (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrífugas. *ICIDCA. Sobre Los Derivados de La Caña de Azúcar*, 51(2), 70–73.
- Figueroa, D., Moreno, A., & Hormaza, A. (2015). Equilibrio, termodinámica y modelos cinéticos en la adsorción de Rojo 40 sobre tuza de maíz. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 14(26), 105–120.
- García Quevedo, T. V. (2012). *Propuesta de índices de calidad de agua para ecosistemas hídricos de Chile*.
- Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., & Gutiérrez, O. D. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción+ Limpia*, 7(2), 52–73.

Glosario, R. (2020). *Efluente – Glosario* [Educativa]. Glosario de Riego.

<https://www.riego.org/glosario/tag/efluente/>

Hernandez, M., & Aquino-Martínez, G. (2008). *Manual básico para el cultivo de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)*. GEM, TIES Cuencas Sanas y Modos de Vida Sustentable Series de Manuales de Capacitación.

Hernández-Medina, N., Bejarano-Ayala, S. A., Mena-Guerrero, N., & Machuca-Martínez, F. (2019). Tratamiento de aguas residuales provenientes de estaciones de gasolina mediante ozonización catalítica. *Ingeniería y Competitividad*, 21(1), 23–34.

I-A REVOLUTION. (2012). Diez Generador De Ozono. *IA-Revolution*. <https://ia-revolution.com/accesorios/generador-de-ozono/generador-de-ozono-mini/>

INEC. (2010). *Población y Demografía* | [Informativa]. Población y Demografía. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

INFAIMON. (2018, May 11). Coeficiente de seguridad: Toda una filosofía de diseño. *[R]evolución artificial*. <https://blog.infaimon.com/coeficiente-de-seguridad-filosofia-diseno/>

INFOM & UNEPAR. (1997). *GUÍA PARA EL DISEÑO* [Informativa]. Qdoc.Tips. <https://qdoc.tips/queue/00-guia-para-el-diseo-infom-unepar-pdf-free.html>

Instituto Nacional de Pesca del Ecuador. (2020). *El consumo de trucha de gran beneficio para el organismo*. <http://www.institutopesca.gob.ec/trucha-beneficio-para-organismo/>

Janqui Guzman, G. (2018). *Remoción de molibdeno del agua del río Challhuahuacho de Cotabambas-Apurímac con carbon activado de tusa de maíz (zea mays)*.

Jaramillo Diaz, J. D., & Cardenas Bañol, H. A. (2015). *Numero de Reynolds*.

LENTENCH. (2015). *Nitritos, Nitratos*. [Informativa]. Nitrificación. <https://www.lenntech.es/nitratos-y-nitritos.htm>

Libedinsky, S. (1927). Coprología bacteriológica. *Revista de La Universidad Nacional de Córdoba*, 7/8.

Linde. (2016). *Oxigenación en la acuicultura*. Linde Gases Industriales.

http://www.linde.ec/es/processes/controlled_and_modified_atmospheres/oxygenation_in_aquaculture/index.html

López, R. A. N., Vong, Y. M., Borges, R. O., & Olguín, E. J. (2004). Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones. *Revista Ciencia*, 69–83.

López, R. F. P., & Patrón, E. R. (2013). *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*.

MAE. (2015). *Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE | Ecuador—Guía Oficial de Trámites y Servicios [Informativa]*. Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE. <https://www.gob.ec/regulaciones/acuerdo-ministerial-097-anexos-normativa-reforma-libro-vi-texto-unificado-legislacion-secundaria-ministerio-ambiente>

Mazumder, D. G. (2008). Chronic arsenic toxicity & human health. *Indian J Med Res*, 128(4), 436–447.

Miranda, J. P. R., Mosquera, J. A. S., & Céspedes, J. M. S. (2016). Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 8(1), 159–167.

Molina Amangano, C. V. (2004). *Producción y comercialización de trucha" arco iris"(Onchorhynchus mykiss) para exportación*. Quito: USFQ, 2004.

Mondal, P., Majumder, C. B., & Mohanty, B. (2006). Laboratory based approaches for arsenic remediation from contaminated water: Recent developments. *Journal of Hazardous Materials*, 137(1), 464–479. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.02.023>

Morlans, M. (2004). *Introducción a la ecología de poblaciones*.

<https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Morlans-2004.pdf>

- ONU. (2021). *Acuicultura*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<http://www.fao.org/aquaculture/es/>
- Oroxón Fuentes, J. L. (2017). *Diseño de oxigenador de agua programable para estanques*.
Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ozono21. (2016). *Ozono para Acuicultura* [Informativa]. Ozono paa Acuicultura.
<https://www.ozono21.com/sectores-pagina/industriales/acuicultura/19/>
- Pardo, S., Suárez, H., & Soriano, E. (2006). Tratamiento de efluentes: Una vía para la acuicultura responsable. *Revista MVZ Córdoba*, 11(Supl), 20–29. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1041>
- Piñeros Herrera, K. (2016, April 14). *Subcuencas y microcuencas* [Educación].
<https://es.slideshare.net/kimberlynveronica/subcuencas-y-microcuencas>
- Putz, P. (2010, February 16). *Eliminación y determinación de fosfato—Química* [Informativa].
QUÍMICA. <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37743-Eliminacion-y-determinacion-de-fosfato.html>
- Ramírez, C. A. S. (2021). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. Ediciones de la U.
- Ramón, J. A., León, J. A., & Castillo, N. (2015). Diseño de un sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie *Eisenia foetida*. *Revista Mutis*, 5(1), 46–54. <https://doi.org/10.21789/22561498.1018>
- Rebagliati, R. (1923). Observaciones sobre el colibacilo. *Anales de la Facultad de Medicina*, 9, 157–166. <https://doi.org/10.15381/anales.v9i0.10291>
- Sancha, A. (2002). Apuntes Curso CI511 Calidad de las Aguas. *Departamento de Ingeniería Civil*.
Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Sánchez, C., Bedoya, A. M., & Alvarado, A. P. (2018). Alternativa de tratamiento de aguas residuales para comunidades rurales con pequeños sistemas de alcantarillado sanitario. *Conference Proceedings*, 2(2), Article 2.
<https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/280>

- Sandoval, J. D. F. (2013). Tusa del maíz: Una fuente de energía renovable. *Universitas Científica*, 16(2), 62–65.
- Schmidt, G. J. (2016). *Climate Classification*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36606.59209>
- Segura, C. (2015). *Folleto Informativo Oxígeno Disuelto (OD)* [Informativa]. Folleto Informativo Oxígeno Disuelto (OD). <https://docplayer.es/135770-Folleto-informativo-oxigeno-disuelto-od.html>
- Serna Mosquera, J. A. (2019). *Propuesta de índice de calidad del agua, como herramienta para el desarrollo sustentable en cuerpos de aguas superficiales de la ciudad de Bogotá*.
- Simon, F. X., Penru, Y., Guastalli, A. R., Llorens, J., & Baig, S. (2011). Improvement of the analysis of the biochemical oxygen demand (BOD) of Mediterranean seawater by seeding control. *Talanta*, 85(1), 527–532.
- SPENAGROUP. (2019). Tipos de Tratamiento de Aguas Residuales. *SPENA GROUP Tratamiento de Aguas Residuales*. <https://spenagroup.com/tipos-tratamiento-agua-aguas-residuales/>
- Srivastava, S., Suprasanna, P., & D'Souza, S. F. (2012). Mechanisms of Arsenic Tolerance and Detoxification in Plants and their Application in Transgenic Technology: A Critical Appraisal. *International Journal of Phytoremediation*, 14(5), 506–517.
<https://doi.org/10.1080/15226514.2011.604690>
- Torres, P. (2001). Tendencias en el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 3(1), 35–42. <https://doi.org/10.25100/iyc.v3i1.2334>
- TULSMA. (2015). ➡ *Libro VI Del TULSMA*. <https://chavezsolutions.com/libro-vi-del-tulsma/>
- Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P., & Dobhal, R. (2013). Water quality assessment in terms of water quality index. *American Journal of Water Resources*, 1(3), 34–38.
- Universidad Cesar Vallejo. (2021). *Calculo de un desarenador de canal abierto—StuDocu*. <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-cesar-vallejo/obras-hidraulicas/calculo-de-un-desarenador-de-canal-abierto/15557548>

- Vallester, E. (2016, December 6). "Tusa de Mazorca de Maíz", utilizada para remoción de nitrato [Text]. Universidad Tecnológica de Panamá. <https://utp.ac.pa/tusa-de-mazorca-de-maiz-utilizada-para-remocion-de-nitrato>
- Varadi, L. (2001). Review of trends in the development of European inland aquaculture linkages with fisheries. *Fisheries Management and Ecology*, 8(4-5), 453–462.
- Vázquez, E., & Rojas, T. (2016). PH: Teoría y 232 problemas. *Departamento Deficiencias Naturales. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Cuajimalpa. 1er Edición México*, 3–152.
- Vernaza, F. (2019, October 11). VALLE DE QUILLÁN [Informativa]. Issuu. https://issuu.com/papingo.com/docs/el_valle_de_quillan_
- Vreys, N. (2016). *Evaluación de la calidad de agua de un sistema lótico y área terrestre de influencia, en relación a respuestas biológicas en la especie íctica Heptapterus mustelinus*. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/5561/TESINA%20Natalia%20Vreys.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wiese, F. (2020, April 27). ¿Qué es la sostenibilidad ambiental y cómo impacta en nuestras vidas? *Fundación Wiese*. <https://www.fundacionwiese.org/blog/es/que-es-la-sostenibilidad-ambiental-y-como-impacta-en-nuestras-vidas/>
- WWF. (2021, February 20). *Glosario Ambiental ¿Qué es una cuenca?* [Informativa]. Glosario Ambiental. <https://www.wwf.org.co/?323450/Glosario-Ambiental-Que-es-una-cuenca>
- Yoder, J., Roberts, V., Craun, G. F., Hill, V., Hicks, L. A., Alexander, N. T., Radke, V., Calderon, R. L., Hlavsa, M. C., & Beach, M. J. (2008). Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with drinking water and water not intended for drinking—United States, 2005–2006. *Morbidity and Mortality Weekly Report. Surveillance Summaries (Washington, DC: 2002)*, 57(9), 39–62.

ANEXOS

ANEXO A. Registro Fotográfico

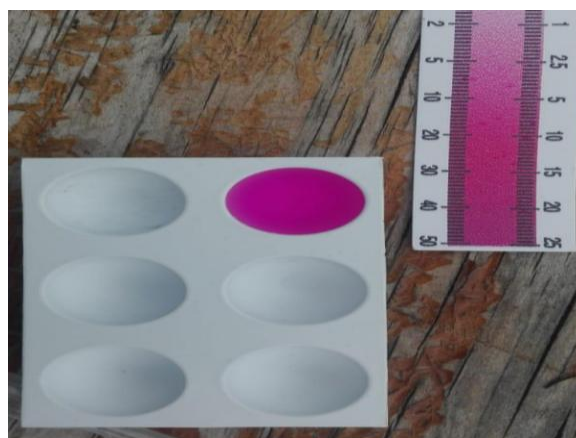
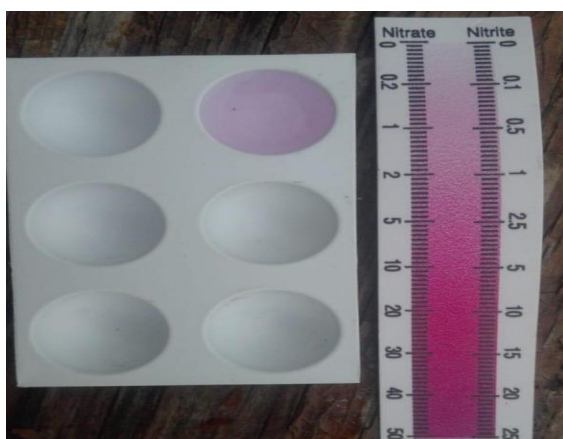
Fotografía 1. Área de estudio



Fotografía 2. Kits de campo de Fosfatos, Nitritos y Nitratos



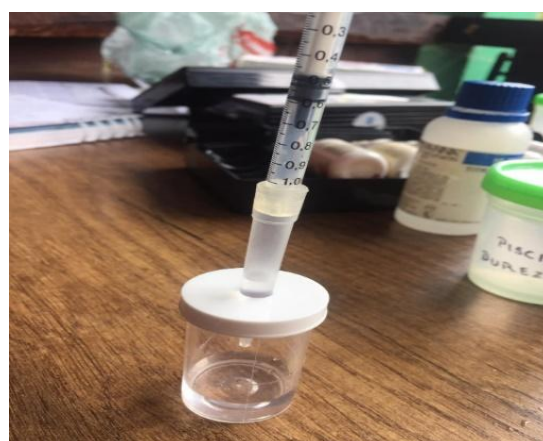
Fotografía 3. Medición insitu, nitritos y nitratos, mediante el Kit de campo Seachem.



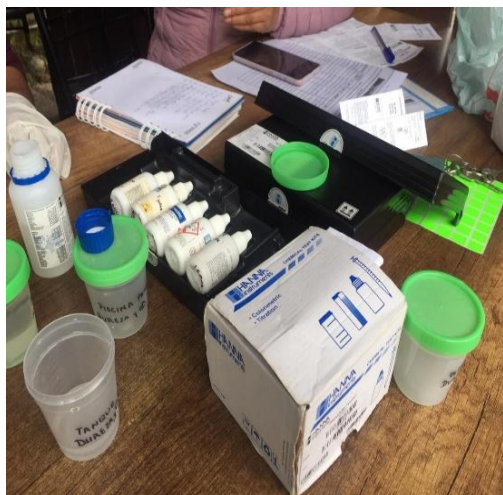
Fotografía 4. Medición insitu de Fosfatos, mediante el Kit de campo Seachem.



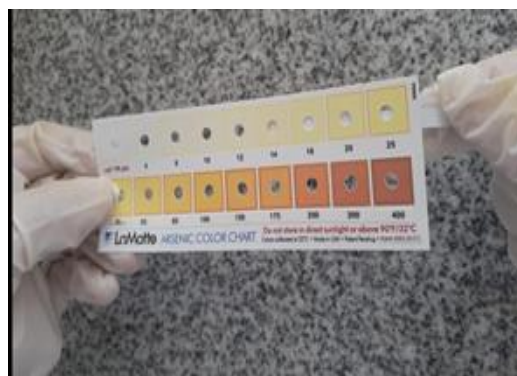
Fotografía 5. Determinación de OD por el método de colorimetría (Winkler).



Fotografía 6. Kits de OD



Fotografía 7. Determinación de Arsénico en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Ambiental, de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.



Fotografía 8. Determinación de OD, mediante el multiparámetro



ANEXO 9. Aval de Traducción del Resumen del proyecto.



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 al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DISEÑO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE TRATAMIENTO, EN EL VALLE ACUÍCOLA QUILLÁN, TUNGURAHUA - ECUADOR, 2021.”** Presentado por: **Llughsha Moreta Nataly Marisol y Tusó Toapanta Irma Natalia**, egresadas de la Carrera de: **Ingeniería en Medio Ambiente**, perteneciente a la Facultad de **Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, 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 aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Agosto del 2021

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'V. Sandoval', with a horizontal line underneath.

Msc. Vladimir Sandoval V.

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0502104219



MARCO PAZ
BELTRAN
SIBILANES



CENTRO
DE IDIOMA