



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS FÍSICOQUÍMICOS PARA UNA
EFECTIVA POTABILIZACIÓN DEL RÍO CARRIZAL- SECTOR EL
LIMÓN, ESPAM-MFL**

AUTORES:

**ABRAHAN ISAÍAS SÁNCHEZ ORTEGA
SANDRA ELIZABETH SÁNCHEZ QUINCHA**

TUTOR:

ING. CARLOS LUIS BANCHÓN BAJAÑA, Mg.

CALCETA, OCTUBRE DE 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Abraham Isaías Sánchez Ortega con C.I. 185067624-6 y Sandra Elizabeth Sánchez Quincha C.I. 172625657-9, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS FÍSICOQUÍMICOS PARA UNA EFECTIVA POTABILIZACIÓN DEL RÍO CARRIZAL- SECTOR EL LIMÓN, ESPAM-MFL**, aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



Abrahan I. Sánchez Ortega

CC: 185067624-6



Sandra E. Sánchez Quincha

CC: 172625657-9

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Abrahan Isaías Sánchez Ortega con C.I. 185067624-6 y Sandra Elizabeth Sánchez Quincha C.I. 17262567-9, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS FÍSICOQUÍMICOS PARA UNA EFECTIVA POTABILIZACIÓN DEL RÍO CARRIZAL-SECTOR EL LIMÓN, ESPAM-MFL**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



Abrahan I. Sánchez Ortega

CC: 185067624-6



Sandra E. Sánchez Quincha

CC: 172625657-9

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. Luis Banchón Bajaan, Mg. certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS FÍSICOQUÍMICOS PARA UNA EFECTIVA POTABILIZACIÓN DEL RÍO CARRIZAL- SECTOR EL LIMÓN, ESPAM-MFL**, que ha sido desarrollado por Abraham Isaías Sánchez Ortega y Sandra Elizabeth Sánchez Quincha, previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. CARLOS LUIS BANCHÓN BAJAÑA, Mg.

CC: 091805918-9

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO**, el trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS FÍSICOQUÍMICOS PARA UNA EFECTIVA POTABILIZACIÓN DEL RÍO CARRIZAL- SECTOR EL LIMÓN, ESPAM-MFL**, que ha sido desarrollado por **Abrahan Isaías Sánchez Ortega y Sandra Elizabeth Sánchez Quincha**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Ambiental**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. FABRICIO ENRIQUE ALCÍVAR INTRIAGO, Mg.

CC:130863226-2

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING. MARCOS JAVIER VERA VERA, Mg.

CC: 131367448-1

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Mg. EVER DARIO MORALES

AVENDAÑO, PhD

CC: 0959966342

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradecidos a Dios por la vida y las oportunidades que nos brinda día a día, por permitir superarnos tanto en el ámbito profesional como en lo personal y también por contar con el apoyo de nuestros seres queridos que nos han apoyado día a día durante este trayecto académico.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos brindó la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual ha forjado nuestros conocimientos profesionales aprendiendo cosas nuevas que nos ayudaran en nuestra vida diaria.

Abrahan I. Sánchez Ortega

Sandra E. Sánchez Quincha

DEDICATORIA

A mis queridos padres,

Por su amor inquebrantable, apoyo incondicional y constante sacrificio a lo largo de mi vida y, especialmente, durante este desafiante viaje académico. Vuestra confianza en mí y vuestro ejemplo de determinación me han llevado hasta aquí. Este logro es vuestro tanto como mío.

A mis leales amigos,

Por estar a mi lado en las buenas y en las malas, por escucharme cuando necesitaba desahogarme, por animarme cuando perdía la motivación y por celebrar cada pequeño triunfo conmigo. Vuestra amistad ha sido mi fuente de fortaleza y alegría a lo largo de esta travesía académica.

Sin el apoyo inquebrantable de mis padres y la amistad sincera de mis amigos, esta tesis no habría sido posible. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

Abrahan Isaías Sánchez Ortega

DEDICATORIA

Principalmente este logro va dedicado a Dios por haberme permitido llegar a este momento, que sin la bendición y la fortaleza que me ha brindado día a día no hubiera sido posible lograr esta meta en mi vida.

A mis padres que son mi motor y pilar principal en mi vida, y gracias al apoyo tanto emocional como económico he podido salir adelante, siempre a mi lado apoyándome en mis estudios, siendo mis padres para mí un ejemplo a seguir, inculcándome buenos valores y principios que me ayudarán en mi vida diaria.

Además, dedico este logro a alguien muy especial para mí que físicamente no se encuentra ya conmigo que es mi abuelo que muy aparte de ser mi abuelo lo considero como mi padre porque me ha apoyado, cuidado y ha estado conmigo en momentos difíciles, pero lastimosamente no está presente, pero en mi mente y corazón siempre lo recordaré y por eso este logro en mi vida se lo dedico también para él con todo mi cariño y estimación.

Sandra Elizabeth Sánchez Quincha

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
CONTENIDO DE TABLAS	xii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3. OBJETIVOS.....	6
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.4. HIPÓTESIS	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. AGUA COMO RECURSO AGOTABLE.....	7
2.2. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA.....	7
2.3. FALTA DE FUENTES DE AGUA	8
2.4. CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	9
2.5. FUENTES DE CONTAMINACIÓN.....	9
2.6. AFECTACIÓN A LA SALUD HUMANA	10
2.7. POTABILIZACIÓN DE AGUA	11
2.8. CARACTERÍSTICAS DE LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA	11

2.9. IMPORTANCIA DE LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA	12
2.10. TIPOS DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA	13
2.11. TIPOS DE PLANTAS POTABILIZADORAS	16
2.12. GESTIÓN AMBIENTAL	18
2.13. CALIDAD DE AGUA.....	19
2.14. MÉTODO EXPERIMENTAL “DISEÑO FACTORIAL 23”	23
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	25
3.1. UBICACIÓN.....	25
3.2. DURACIÓN.....	25
3.3. VARIABLES DE ESTUDIO.....	26
3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	26
3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE	26
3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	30
3.5. TÉCNICAS.....	32
3.7. PROCEDIMIENTOS.....	35
3.7.1. FASE I. IDENTIFICACIÓN DE LAS DISTINTAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL RÍO CARRIZAL-SECTOR EL LIMÓN.....	35
3.7.2. FASE II. IMPLEMENTAR TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS MEDIANTE PRUEBAS DE JARRAS PARA UNA EFECTIVA POTABILIZACIÓN DEL AGUA DEL RÍO CARRIZAL - SECTOR EL LIMÓN DE LA ESPAM-MFL.	41
3.7.3. FASE III. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LOS TRATAMIENTOS FÍSICOS- QUÍMICOS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA.....	56
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
4.1.1. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE AGUA CRUDA DEL RÍO CARRIZAL.....	58
4.1.2. CONCENTRACIÓN OPTIMA DE COAGULANTE DURANTE ESTE PERIODO DE ESTUDIO.	59
4.1.3. IMPLEMENTACIÓN DE TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS MEDIANTE PRUEBAS DE JARRAS PARA UNA EFECTIVA POTABILIZACIÓN DEL AGUA DEL RÍO CARRIZAL - SECTOR EL LIMÓN DE LA ESPAM-MFL	60

4.1.4. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS MEJOR OPTIMIZADO EN LA PRUEBA DE JARRAS, SEGÚN LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA- AGUA PARA CONSUMO HUMANO.	62
4.1.5. EFICIENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LOS TRATAMIENTOS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA.....	67
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1. CONCLUSIONES	71
5.2. RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	85

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1. Tasas de sedimentación para algunas partículas.	15
Tabla 2.2. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas.	18
Tabla 2.3. Metodología de análisis para los parámetros analizados.	19
Tabla 2.4. Matriz de diseño factorial 2 ³	23
Tabla 2.5. Factores y dominio experimental.	24
Tabla 2.6. Matriz de experimentos de un diseño factorial completo 2 ³ , plan de experimentación y respuestas medidas.	24
Tabla 3.1.	26
Tabla 3.2. Factores analizados.....	33
Tabla 3.3. Factores y dominio experimental.	34
Tabla 3.4. Georreferenciación de los focos de contaminación cerca del río Carrizal. ..	36
Tabla 3.5. Georreferenciación del punto de muestreo.....	36
Tabla 3.6. Materiales utilizados en la toma de muestras del agua de río.	37
Tabla 3.7. Materiales utilizados para realizar los análisis de las muestras del agua de río.	38
Tabla 3.8. Materiales utilizados para realizar los análisis de las muestras del agua de río.	39
Tabla 3.10. Caracterización del agua cruda.	40
Tabla 3.11. Meses de toma de muestras del río Carrizal.....	40
Tabla 3.12. Parámetros analizados en laboratorio de la ESPAM MFL Y la UDLA.	41
Tabla 3.13. Métodos utilizados para la medición de parámetros analizados.	41
Tabla 3.14. Parámetros analizados de muestras de agua del río Carrizal.....	43
Tabla 3.15. Diseño de tratamientos para prueba de jarras.	44
Tabla 3.16. Coagulación – Ayudante de Coagulación.	45

Tabla 3.17. Tabla de factor y dominio experimental.	45
Tabla 3.18. Combinación de tratamientos y índices de calidad.	46
Tabla 3.19. Análisis obtenidos de las muestras tratadas de agua de río colectadas en los meses de septiembre y octubre con poliacrilamida aniónica.	47
Tabla 3.20. Análisis obtenidos de las muestras tratadas de agua de río colectadas en los meses de septiembre y octubre con poliacrilamida catiónica.....	48
Tabla 3.21. Tratamiento con mejor eficiencia en la remoción de contaminantes.....	49
Tabla 3.22. Análisis fisicoquímico y microbiológico.	51
Tabla 3.23. Valores obtenidos del agua tratada en el mes de octubre.	52
Tabla 3.24. Valores obtenidos del agua tratada en el mes de noviembre.	53
Tabla 3.25. Valores obtenidos del agua tratada con floculante aniónico en el mes de noviembre.	53
Tabla 3.26. Valores obtenidos del agua tratada con floculante catiónico en el mes de diciembre.....	54
Tabla 3.27. Valores obtenidos del agua tratada con floculante catiónico en el mes de diciembre.....	55
Tabla 3.28. Valores obtenidos del agua tratada con floculante aniónico en el mes de diciembre.....	56
Tabla 3.29. Eficiencia de los coagulantes y floculantes en las muestras colectadas....	57
Tabla 4.1. Meses en que se realizó los análisis de agua cruda del Río Carrizal.	58
Tabla 4.2. Optimización de los análisis de agua tratada del Río Carrizal.	59
Tabla 4.3. Resultados obtenidos de los análisis realizados.....	61

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 4.1: Comparación del resultado de pH en base a la NTE INEN 1108-2020.....	63
Figura 4.2: Comparación del resultado de turbidez en base a la NTE INEN 1108-2020.	63
Figura 4.3: Comparación del resultado de Nitratos en base a la NTE INEN 1108-2020.	64
Figura 4.4: Comparación del resultado de Nitritos en base a la NTE INEN 1108-2020.	64
Figura 4.5: Comparación del resultado de Color aparente en base a la NTE INEN 1108- 2020.	65
Figura 4.6: Comparación del resultado de Cloro libre residual en base a la NTE INEN 1108-2020.	66
.....	66
Figura 4.7: Comparación del resultado de Coliformes fecales en base a la NTE INEN 1108-2020.	66
Figura 4.8: Eficiencia de coagulantes y floculantes de los tratamientos en la remoción de sólidos totales.	67
Figura 4.9: Eficiencia de coagulantes y floculantes de los tratamientos en la remoción de turbidez.	68
Figura 4.10: Eficiencia de coagulantes y floculantes de los tratamientos en la remoción de conductividad eléctrica.	69
Figura 4.11: Eficiencia de coagulantes y floculantes de los tratamientos en la remoción de pH.....	70

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar los tratamientos fisicoquímicos para una efectiva potabilización del agua del río Carrizal-Sector El Limón de la ESPAM -MFL ubicado en el cantón Bolívar, en función de estándares de calidad de agua, en el que se analizaron algunos parámetros (pH, Conductividad eléctrica, Turbidez, Sólidos totales, Coliformes fecales, Nitratos, Nitritos, Cloro libre residual, DBO, DQO, Color aparente) recolectando muestras de agua del río durante un periodo establecido con el propósito de determinar la calidad del agua del río. Se recolectaron tres muestras de agua cada mes, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre; en el cual se dejó una muestra de agua sin tratamiento y en las otras dos muestras de agua colectadas se aplicó el coagulante (Policloruro de Aluminio) y los floculantes (Aniónico y Catiónico); así mismo se repitió el mismo procedimiento en los demás meses para luego trasladar las muestras de agua con tratamiento y sin tratamiento para realizar los respectivos análisis con los parámetros ya mencionados, cabe recalcar que en las muestras con tratamiento se añadió las dosis respectivas de cal con la finalidad de reducir la turbidez presente en las muestras de agua colectadas. En base a las hipótesis estimadas en el presente trabajo de investigación se acepta la hipótesis alternativa, ya que demuestra que la aplicación de los tratamientos fisicoquímicos influye en una efectiva potabilización de las muestras de agua colectadas del Río Carrizal-Sector El Limón de la ESPAM MFL.

PALABRAS CLAVE

Palabras clave: Tratamientos fisicoquímicos, coagulantes, potabilización.

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the physicochemical treatments for an effective potabilization of the water of the Carrizal River-EI Limón Sector at ESPAM - MFL located in Bolívar canton, according to water quality standards, in which some parameters were analyzed (pH, electrical conductivity, turbidity, total solids, fecal coliforms, nitrates, nitrites, residual free chlorine, BOD, COD, apparent color), Electrical conductivity, turbidity, total solids, fecal coliforms, nitrates, nitrites, free residual chlorine, BOD, COD, apparent color) by collecting water samples from the river during an established period in order to determine the water quality of the river. Three water samples were collected each month, during the established months of October, November and December; in which one water sample was left untreated and in the other two water samples collected, the coagulant (Aluminum Polychloride) and the flocculants (Anionic and Cationic) were applied to each water sample; likewise, the same procedure was repeated in the other months and then the treated and untreated water samples were transferred to perform the respective analyses with the aforementioned parameters; it should be noted that the respective doses of lime were added to the treated samples in order to reduce the turbidity present in the water samples collected. Based on the hypotheses estimated in this research work, the alternative hypothesis is accepted, since it shows that the application of physicochemical treatments influences the effective potabilization of the water samples collected from the Carrizal River-EI Limón sector at ESPAM MFL.

KEY WORDS

Key words: Physicochemical treatments, coagulants, potabilization.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La disponibilidad de agua que existe en el planeta Tierra se calcula unos 1 400 millones de kilómetros cúbicos de agua, de los cuales 2.5% corresponden a agua dulce según la (Global Water Partnership [GWP], 2020). Sin embargo, para (Larramendi, 2021) su escasez y la contaminación es un problema aún más grave provocando que millones de personas tengan un acceso deficiente a este bien tan necesario. Aproximadamente, 2200 millones de personas en todo el mundo no tienen acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura, 4200 millones no cuentan con servicios de saneamiento seguros y otros 3000 millones carecen de instalaciones básicas de servicios de agua potable (Miranda, 2016).

Según la (GWP, 2020), casi un tercio de los recursos hídricos renovables están en Sudamérica, tales como Brasil, Colombia y Perú que figuran entre los diez países más ricos en agua, pero afrontan paradójicamente sequía, estrés hídrico, deforestación y contaminación.

La contaminación de los recursos naturales es consecuencia de la actividad humana (Millán, 2021). Por ende, la (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021) argumenta que el agua potable no solo se contamina de forma natural por materia orgánica, sino también por sustancias recalcitrantes y tóxicas de origen antropogénico, industrial, de la agricultura y ganadería. A consecuencia de esto, más de tres millones de niños menores de cinco años mueren anualmente, producto de las diarreas causadas por microorganismos que se transmiten en el agua y la gran mayoría de habitantes en países en vías de desarrollo padecen graves problemas de salud, asociados con la insuficiencia o la contaminación del recurso hídrico (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2020).

Por ello la (ONU, 2020) con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, considera el Objetivo 6, el cual trata de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos y establece a 2030 la meta para mejorar la calidad del agua. En concordancia con los objetivos de desarrollo sostenible, se creó la Estrategia Nacional de Calidad del Agua en Ecuador (ENCA) con el objetivo de mejorar y salvaguardar la calidad de los recursos acuáticos, sus entornos naturales, el bienestar de la población, la seguridad alimentaria, y supervisar la presencia de contaminantes en las fuentes naturales en todo el país (El-Comercio, 2020).

Según Paredes (2021) en el mundo hay 844 millones de personas sin acceso al agua potable, de las cuales 2.400 millones no tienen acceso al saneamiento y 2.000 millones de personas beben agua de fuentes contaminadas, por ende, la disponibilidad del agua dulce está disminuyendo significativamente en cantidad y calidad. De acuerdo a Vargas (2019), en Ecuador el agua potable es un bien que no está al alcance de toda la población, al menos en zonas rurales; el 82,6% de los hogares se encuentran abastecidos de agua por medio de la red pública y solo el 79,3% dispone de agua de calidad para su consumo.

Por esta razón, el Estado promueve la articulación de políticas en base a los recursos hídricos con el propósito de asegurar gradualmente la disponibilidad de agua limpia, segura y constante para el consumo humano, así como el suministro de agua destinada a la agricultura, con el fin de respaldar la soberanía alimentaria, el caudal ecológico y las actividades productivas en niveles nacionales, regionales, municipales y locales (Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria [ARCOSA], 2016).

El agua potable en Manabí, se abastece primordialmente de agua subterránea; el 9,29% de agua superficial y el 15,85% de las precipitaciones de invierno, la mayoría de los cantones se abastecen por medio de redes públicas de agua provenientes de pozos profundos, ríos o tanques elevados, en donde se envía el agua sin ningún tipo de tratamiento a los diversos domicilios, además la falta de saneamiento en las tuberías, algunas tienen más de veinte años sin su respectivo mantenimiento o cambio (Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos [INERHI], 2018).

En el cantón Bolívar, se encuentra una de las mayores fuentes de agua, la presa Sixto Durán Ballén en La Esperanza, que almacena más de 400 millones de metros cúbicos de agua; según los datos del censo de población y vivienda, en Calceta, solamente 2.139 hogares obtienen su suministro de agua a través de la red pública, mientras que 4.421 lo hacen mediante pozos. Un total de 1.313 viviendas utilizan agua proveniente del río o canales, 25 hogares obtienen agua de camiones repartidores, y 139 residencias se abastecen de agua de lluvia o albarrada. Además, 2.845 casas compran agua purificada o embotellada para su consumo humano, y 3.789 optan por hervir el agua antes de consumirla (El Diario, 2016).

En base a los argumentos presentados sobre la falta de agua potable a nivel local, y los escenarios de contaminación existentes en el lugar, la presente propuesta se basa en la evaluación de tratamientos físico-químicos en muestras recogidas del Río Carrizal, sector El Limón de la ESPAM-MFL para la obtención de agua de calidad apta para el consumo humano. Por lo tanto, la siguiente pregunta de investigación se formula de la siguiente manera:

¿Cuáles son las condiciones técnicas de operación para la aplicación de tratamientos fisicoquímicos para una efectiva potabilización del Río Carrizal, sector El Limón de la ESPAM-MFL?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En el contexto ambiental, la contaminación del agua ha tenido un impacto significativo, contribuyendo al 4% de las muertes en todo el mundo debido a la baja calidad del agua que consumen los seres humanos (Encalada, 2022). La contaminación de origen agrícola y urbano, incide en la calidad de los sistemas hídricos superficiales, poniendo en riesgo el abastecimiento de agua y afectando la salud de las personas. Es imperativo realizar investigaciones en profundidad sobre el suministro de agua potable, la utilización de varios métodos y procesos para asegurar que el agua sea segura para el consumo humano, estas acciones son fundamentales para reducir y prevenir la contaminación del agua, con el objetivo final de garantizar que todas las personas tengan acceso a agua potable segura.

Desde la perspectiva social, es un derecho fundamental que los seres humanos disfruten de un entorno saludable y tengan acceso a agua de calidad, según Millán (2021), Ecuador se destaca como uno de los países más ricos en recursos hídricos, sin embargo, en algunas áreas rurales de Manabí, como en el caso del cantón Bolívar, Calceta sector "El Limón", el servicio de agua potable es inaccesible. En consecuencia, la población se ven obligados a recurrir a fuentes de agua subterráneas y superficiales para llevar a cabo sus actividades diarias y satisfacer sus necesidades básicas, lo que implica un riesgo para su salud, bienestar y calidad de vida. Por esta razón, la principal investigación es evaluar la calidad del agua del río Carrizal en el sector Limón de la ESPAM-MFL a través del análisis de parámetros fisicoquímicos, con el propósito de determinar si cumple con las normativas nacionales vigentes.

En el ámbito legal, el agua en Ecuador para consumo humano u otras actividades deben de cumplir con límites permisibles e índices de calidad los cuales se establecen en la Norma Técnica Ambiental, tomando en cuenta los antecedentes de la investigación, se considera comparar el estado inicial de agua durante su captación con los criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano, previo a su potabilización conforme a los límites permisibles recomendados por la Norma INEN 1108 y así evitar enfermedades en la población por una mala calidad de agua en la zona "El limón", de

manera que se pueda ser objeto de implementación en otras zonas rurales de la provincia de Manabí.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar tratamientos fisicoquímicos para una efectiva potabilización del agua del río Carrizal-Sector El Limón de la ESPAM-MFL en función de estándares de calidad de agua.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar distintas fuentes de contaminación del Río Carrizal-Sector El Limón.
- Implementar tratamientos fisicoquímicos mediante pruebas de jarras para una efectiva potabilización del agua del río Carrizal - Sector El Limón de la ESPAM-MFL.
- Evaluar la eficiencia técnica y económica de los tratamientos fisicoquímicos en el proceso de potabilización de aguas.

1.4. HIPÓTESIS

Ho: La aplicación de tratamientos fisicoquímicos no influyen en una efectiva potabilización de las muestras de agua tomadas del Río Carrizal-Sector El Limón de la ESPAM MFL.

Hi: La aplicación de tratamientos fisicoquímicos influyen en una efectiva potabilización de las muestras de agua tomadas del Río Carrizal-Sector El Limón de la ESPAM MFL.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. AGUA COMO RECURSO AGOTABLE

Como expresa Liberati (2019), a nivel mundial el agua es considerada, como recurso natural inagotable y vital para la existencia de los seres vivos, pero mundialmente el volumen del agua se calcula en 1 400 millones de km³ los cuales se divide en el 97,5 % de volumen que está constituido por agua salada y solo el 3% restante es agua dulce.

Por lo tanto, el sistema de abastecimiento de agua de los acuíferos, cuyo volumen es 10,53 millones de km³, son las reservas de abastecimiento humano más importantes del cual se abastecen aproximadamente 2.000 millones de personas en todo el mundo, su distribución es muy desigual, sin embargo, algunos países destacan su disponibilidad de agua tal es el caso de Brasil, que posee el 13% de agua dulce del planeta; Rusia el 11%; mientras que Canadá y China, poseen cada una un 7% (Gangemi, 2020).

El agua en Ecuador está distribuida de la siguiente forma: el 81.1% para uso agrícola, el 12.3% para uso doméstico, el 6.3% para uso industrial y el 0.3% para usos recreativos, de navegación, estéticos, también ha considerado como uso principal al agua de uso doméstico siendo uno de los principales usos del agua para la satisfacción de necesidades humanas, los servicios de agua potable y saneamiento no llegan al 100% de su cobertura a nivel nacional (Andrade, 2019).

2.2. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

A nivel mundial se conoce diversas fuentes de abastecimientos y distribución de agua que forman parte principal del recurso de suministro para satisfacer las necesidades y actividades de uso, considerando a la gran mayoría como aguas crudas debido a que son de origen natural y no han sido sometidas a ningún proceso de tratamiento para su uso y consumo (Mesa, 2021).

Para Herrera (2018) las aguas superficiales y subterráneas, son mayoritariamente utilizados para las redes de distribución de agua potable en el mundo, destacando los siguientes aspectos:

2.2.1 Aguas superficiales

Se refiere al agua que se encuentra en la parte superior de la tierra, incluyendo cuerpos de agua como ríos, lagos, estanques, embalses y el océano. Estas fuentes de agua son comunes para el consumo humano, y el agua dulce superficial se considera una de las opciones más viables. Sin embargo, su calidad puede estar en entredicho cuando hay asentamientos humanos cercanos a estas fuentes hídricas, especialmente si se realizan actividades agrícolas en la zona (Brousett, 2019).

2.2.2 Aguas subterráneas

Se considera aguas subterráneas, a toda concentración de masas de agua que se encuentre bajo la superficie del suelo dentro de las formaciones geológicas, también llamado manto acuífero; las aguas subterráneas son producto de la filtración de agua lluvia, lagunas, ríos, en donde su contenido puede cambiar en base a las condiciones meteorológicas (Valcarce, 2020).

Basándose en el abastecimiento de agua superficial y subterránea en el Ecuador, la mayoría proviene de fuentes de agua superficial, en donde la irrigación agrícola y el consumo doméstico e industrial abarcan un consumo excesivo y solamente el 61 por ciento de la población tiene acceso a agua potable en Ecuador Andrade (2019). De acuerdo al último censo de población y vivienda realizado por el Instituto Estadístico y Censos (INEC, 2016), el 22,84% de los 330.917 hogares manabitas se abastecen de agua de pozo; el 9,29% de agua de río y el 15,85% de las precipitaciones de invierno.

2.3. FALTA DE FUENTES DE AGUA

Del total de agua presente en el mundo, menos del 3% es agua dulce, por ende, del 3%, de dos tercios están atrapados en glaciares, lo que significa que solo el 30% se encuentra en reservas de agua subterránea, mientras que un escaso 0,4% está disponible en ríos y cuerpos de agua en la superficie. Esta situación plantea un importante desafío a nivel global para los gobiernos debido a la demanda de agua potable y la creciente escasez de este recurso, especialmente considerando los patrones de consumo actuales y la degradación del recurso hídrico, esto se vuelve aún más urgente dado que

aproximadamente una quinta parte de la población mundial reside en áreas con escasez de agua (Andrade, 2019). Cuando la cantidad y la calidad del agua no son adecuadas, se convierte en un factor limitante para el desarrollo de los países, lo que resulta en problemas de salud, baja productividad, inseguridad alimentaria y restricciones en el crecimiento económico (Liberati, 2019).

2.4. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Según Romero (2022) la contaminación del agua se refiere a aquel cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto dañino en cualquier ser vivo que consuma dicha agua contaminada. La contaminación del recurso agua puede originarse de manera natural o por actividades antrópicas, este último se debe a causa de las distintas actividades producto de la mano del ser humano, las cuales son la principal fuente de contaminación de aguas (Vargas, 2019).

Para Salgado (2019) la alta contaminación de agua fresca se traduce en problemas de salud pública que afectan no solo las poblaciones humanas y animales, sino también el ambiente natural en general, generando niveles críticos, particularmente en naciones con recursos limitados o moderados, las urbes de gran o mediano tamaño carecen de instalaciones de purificación de agua. Esto conlleva a que los ríos contaminados causen daños a las comunidades cercanas y devasten los ecosistemas naturales, incluyendo la flora y fauna, a medida que avanzan hacia el océano.

2.5. FUENTES DE CONTAMINACIÓN

De acuerdo con lo mencionado por Tejas (2020), los cuerpos de agua reciben todas las emisiones de desechos, en las cuales se presentan las sustancias que pueden ser liberadas como resultado de las acciones humanas, y estos vertidos tienen el potencial de perturbar el equilibrio natural y la capacidad de absorción de estas sustancias por parte de los cuerpos de agua; a continuación, se detalla las fuentes de contaminación que se producen en el entorno, los cuales son:

- Contaminación del agua por descargas indiscriminadas de efluentes industriales sin tratamiento químico adecuado y descargas de aguas servidas.

- Contaminación del agua por descargas de aguas servidas domésticas sin tratar a cuerpos hídricos naturales.
- Contaminación del agua por descargas y aprovechamiento deficiente en las zonas agrícolas: existiendo elevadas pérdidas en los sistemas de conducción de agua para riego y mucho desperdicio en sistemas de agua potable.

2.6. AFECTACIÓN A LA SALUD HUMANA

Para Monge (2018) la carencia de agua potable y de buenas condiciones de salubridad es la causa principal de enfermedades y muerte alrededor del planeta, por ende afecta principalmente a los países en vías de desarrollo, afectando de manera significativa a ciudades y localidades, con una agua contaminada y el saneamiento deficiente conformando un problema de salud que no afecta a todos los individuos de la misma manera, ya que las poblaciones que residen de forma permanente cerca de cuerpos de agua en los que hay contaminación por desechos fecales humanos o animales, además de la presencia de microorganismos patógenos, son más vulnerables.

Las enfermedades vinculadas a la contaminación del agua varían significativamente en términos de su naturaleza, cómo se transmiten, sus efectos y su tratamiento, como señala Chaple (2019), quien detalla las siguientes enfermedades:

2.6.1 Enfermedades transmitidas por el agua

- Las enfermedades causadas por organismos que se transmiten por vía fecal-oral y las causadas por sustancias tóxicas; las enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua y saneamiento deficiente se encuentran vinculadas a la transmisión de enfermedades (OMS, 2022). Ejemplo: tiña, tracoma, conjuntivitis, sarna, ascariasis, amebiasis, teniasis, uncinariasis, etc.

2.6.2 Enfermedades microbiológicas transmitidas por el agua

- Para Piguave (2019) la presencia o aumento de bacterias, parásitos, virus y hongos en el agua se da por efecto directo o indirecto de cambios en el medio ambiente y en la población tales como urbanización no controlada, crecimiento

industrial, pobreza, ocupación de regiones antes deshabitadas, y la disposición inadecuada de excretas humanas y animales. Ejemplo: fiebre tifoidea, cólera, disentería amebiana, disentería bacilar, hepatitis, gastritis y gastroenteritis.

2.6.3 Enfermedades químicas transmitidas por el agua

- Son las enfermedades asociadas a la ingestión de aguas que contienen sustancias tóxicas en concentraciones perjudiciales, dichas sustancias pueden ser de origen natural o artificial, algunos ejemplos son: metahemoglobinemia infantil y enfermedades por ingerir aguas contaminadas con sustancias tóxicas, como plomo, arsénico o hierro (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD [OPS], 2019).

2.7. POTABILIZACIÓN DE AGUA

Según Camacho (2021) la potabilización del agua considera un conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el recurso natural agua, a través de diversos procesos unitarios para modificar sus características, físicas, químicas y microbiológicas, con el fin de obtener agua apta para el consumo humano, determinando las condiciones señaladas en una normativa, de manera que no presente ningún riesgo para la salud humana, ni cause ningún rechazo por parte de la población, pudiendo ser empleada sin restricción, como bebida directa o indirecta en la preparación de alimentos y en la higiene personal.

2.8. CARACTERÍSTICAS DE LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA

Conforme a la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018), se define como agua potable al líquido esencial que exhibe propiedades físicas de apariencia limpia, sin olor, sin color y con un sabor agradable. Además, sus características químicas y microbiológicas han sido tratadas para garantizar que sea adecuada para el consumo humano según las normativas establecidas por cada país en cuanto a la calidad del agua, en consecuencia, debe cumplir una serie de requisitos:

1. Debe ser segura y libre de riesgos para la salud, tanto para el consumo directo como para su uso en la producción de alimentos.
2. Debe ser transparente y sin color, aunque ocasionalmente puede presentar una leve coloración debido al cloro utilizado en su tratamiento.
3. No debe tener ningún olor discernible, sin la presencia de sustancias que lo causen.
4. No debe poseer un sabor notable.
5. Debe carecer de partículas en suspensión que causen turbidez, aunque en ocasiones pueda mostrar una ligera transparencia temporal debido a la presión en las tuberías.
6. Debe estar libre de contaminantes orgánicos, como pesticidas, y no debe contener contaminantes inorgánicos como metales pesados.
7. No debe contener microorganismos patógenos que pongan en peligro la salud.

2.9. IMPORTANCIA DE LA POTABILIZACIÓN DEL AGUA

De acuerdo a Chávez (2018), el agua potable para muchos es como abrir una llave y ver como cae agua de calidad, en la cantidad que se desea, no obstante, este recurso es un privilegio limitado de uso para la sociedad según la (ONU, 2021) afirma que el 90 % de personas viven sin agua potable de calidad en el mundo.

La vitalidad de asegurar que el agua sea apta para el consumo humano a lo largo de la vida y adecuada para las actividades cotidianas en el hogar, como la higiene personal, no debe entrañar ningún peligro, una solución significativa para prevenir la escasez de este recurso es regular su acceso en el mercado, promoviendo así un uso más eficiente de este valioso recurso (Mazari, 2018).

Según la perspectiva de Andrade (2019), Ecuador cuenta con claras ventajas al ser uno de los países más ricos en recursos hídricos a nivel global, no obstante, la desigual distribución de este recurso, junto con la contaminación causada por actividades industriales y, sobre todo, la ausencia de tratamiento de aguas residuales y plantas de purificación, representan una amenaza para los derechos humanos relacionados con el agua, la salud y el equilibrio natural.

2.10. TIPOS DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA

De acuerdo con Acosta (2018) a todo tipo de tratamiento de agua potable al conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano, tal es el caso en el tratamiento de aguas superficiales, que involucra una variedad de métodos debido a la presencia de diversos contaminantes, en donde la complejidad del tratamiento se acentúa por la elevada turbidez del agua, ya que, aunque las corrientes de agua rápida arrastran partículas sólidas de cierto tamaño, una gran proporción de estas son partículas diminutas que necesitan un proceso de coagulación y floculación para ser eliminadas.

Hoy en día, la principal estrategia para mantener la calidad del agua es preservar la pureza de las fuentes de agua, aunque es importante tener en cuenta que el agua natural, independientemente de su origen, siempre necesitará cierto nivel de procesamiento para cumplir con los estándares de calidad del agua, por ende, existen diferentes tecnologías para potabilizar el agua, pero todas deben cumplir los mismos principios; según el (Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2020) y según esta guía técnica especializada en la rama de servicios de agua potable, drenaje y saneamiento contiene los más recientes avances tecnológicos en obras hidráulicas y normas de calidad, que se detallan de la siguiente manera:

Aireación: Implica la introducción de oxígeno en el cuerpo de agua, ya sea para eliminar gases disueltos en el agua o para transformar sustancias no deseadas en otras más manejables mediante procesos de oxidación, por lo general, se emplea principalmente en el tratamiento de agua subterránea, ya que el agua superficial naturalmente tiene una exposición constante a la atmósfera durante un tiempo suficiente para que la transferencia de gases ocurra de manera natural (López, 2018).

Separación de sólidos: La eliminación de partículas sólidas puede llevarse a cabo a través de la flotación si el agua es menos densa que los sólidos, sin embargo, en el caso del agua potable, es común que los sólidos sean más densos que el agua, por lo tanto, se emplea la sedimentación como la técnica preferida; la técnica consiste en determinar la velocidad y la distancia de sedimentación de las partículas (Ledezma, 2021).

Filtración: Implica el paso del agua a través de un material fino conocido como filtro, este método se emplea en las técnicas modernas de purificación de agua con el propósito de eliminar pequeños flóculos o partículas de menor tamaño que no fueron eliminados en etapas anteriores del proceso, como lo menciona Abbott (2021), por ende cuando el agua tiene baja turbidez y niveles reducidos de sólidos disueltos, la filtración puede utilizarse como el único procedimiento para eliminar la turbidez o erradicar patógenos, aunque siempre se requiere un proceso adicional de desinfección; los métodos tradicionales de filtración comprenden el filtro lento y el filtro rápido, cuya elección depende de la velocidad de filtración.

Desinfección: es un tratamiento esencial en el proceso de purificación del agua, siendo crucial para eliminar los microorganismos patógenos presentes en el agua y garantizar su seguridad para el consumo. Existen varios agentes desinfectantes disponibles, y la elección del agente adecuado dependerá de factores como el tiempo de contacto, la calidad del agua y los recursos e instalaciones disponibles, por lo general, existen tres categorías fundamentales de desinfección: métodos físicos (como el calor), métodos químicos (incluyendo el cloro, el dióxido de cloro y el ozono), y métodos basados en radiación (como la luz ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma) Castiblanco (2020).

2.10.1.-SISTEMA DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.

De acuerdo a Rodríguez (2018) el sistema de coagulación y floculación, son procesos fisicoquímicos utilizados para eliminar partículas coloidales de las diferentes fuentes de agua, las cuales son ampliamente utilizados en procesos de tratamiento de agua y estos pueden clasificarse en:

Coagulación: es la adición de sustancias químicas y la provisión de mezcla, en el que las partículas y algunos contaminantes disueltos se aglutinen en partículas más grandes que se puedan retirar mediante procesos de remoción de sólidos logrando desestabilizar partículas coloidales, entre los cuales tenemos coagulantes como: Sulfato de Aluminio, Cloruro Férrico líquido, Sulfato Férrico, Sulfato ferroso, Sulfato ferroso y cal, Sulfato Ferroso y cloro, Cal, aluminato de Sodio (Ramos, 2018).

Policloruro de aluminio: es un coagulante y floculante catiónico utilizado para el tratamiento de clarificación de aguas potables, residuales y de procesos industriales, eliminando la turbidez ocasionada por los sólidos en suspensión; está basado químicamente en policloruro de aluminio en forma de polvo con alta concentración de Al_2O_3 con un porcentaje de 31%, su fuerte poder desestabilizador de cargas permite una completa coagulación de sólidos presentes en el agua (Villero, 2019).

Cal: llamada óxido de calcio y óxido de calcio de magnesio, es utilizada para ablandar, purificar, eliminar turbiedad, neutralizar la acidez e incrementar el pH y obtener la mayor eficiencia de coagulación y eliminar la sílice y otras impurezas con el propósito de mejorar la calidad del agua destinada para el consumo humano (Graciano, 2019).

Tabla 2.1. Tasas de sedimentación para algunas partículas.

Diámetro partícula mm	Partícula representativa	Tiempo requerido para una profundidad de asentamiento de 0,3 m
Sedimentables		
10	Grava	0,3 s
1	Arena gruesa	3 s
0,1	Arena fina	38 s
0,01	Limo	33 min
No sedimentables		
0,001	Bacterias	55 horas
0,0001	Color	230 horas
0,00001	Coloides	6,3 años
0,000001	Coloides	63 años

Fuente: Rodríguez, (2018).

Floculación: Implica el uso de sustancias conocidas como floculantes o coadyuvantes, que tienen la capacidad de reunir los coágulos formados en un conglomerado más grande, pesado y compacto, esto acelera la velocidad a la que los flóculos se asientan en el agua (Suárez, 2019).

Clasificación de los coadyuvantes: de acuerdo con Camareno (2019) al igual que en la elección del coagulante para determinar el floculante idóneo tendremos que recurrir a ensayos de laboratorio, conocidos comúnmente como prueba de jarras, que muestran resultados de diferentes productos y dosis de tratamiento para una misma agua bruta, determinado por la siguiente composición:

Según su carga: no iónicos, aniónicos y catiónicos:

No iónicos: Poliacrilamidas, polímeros del óxido de etileno.

Aniónicos: Copolímero de acrilamida-acrilato, poliacrilamida parcialmente hidrolizada, polisulfónicos.

Poliacrilamida: Producto químico utilizado para el tratamiento de agua en los procesos de clarificación.

Catiónicos: Polietilenamina, polimetacrilato, copolímeros de acrilamida con grupos de amonio cuaternarios.

2.11. TIPOS DE PLANTAS POTABILIZADORAS

Según él (CONAGUA, 2020) se cuentan con las siguientes plantas potabilizadoras de agua:

2.11.1 PLANTAS DE TRATAMIENTO CONVENCIONAL

Las instalaciones de tratamiento convencional de agua son un sistema integral que engloba todos los pasos necesarios para producir agua potable, estos procesos incluyen la coagulación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, clarificación, filtración y desinfección. La configuración exacta del sistema de filtración, simple o doble, depende de las propiedades específicas del agua (Lozano, 2019).

2.11.2 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS MODULAR

Para Godoy (2020) una planta modular es un sistema integrado de tratamientos en varias etapas que incluye todos los procesos requeridos para obtener agua potable. Ocupan poco espacio y se pueden ampliar fácilmente añadiendo módulos de clarificación y de filtración.

2.11.3 CRITERIOS PARA DISEÑO DE FILTROS.

La filtración representa un procedimiento fisicoquímico que se emplea para separar las impurezas suspendidas y coloidales presentes en el agua, esto se logra al hacer que el agua pase a través de un lecho granular compuesto por materiales como arena, grava y

antracita, como señala Maldonado (2019). Los filtros rápidos pueden variar en términos de configuración, pudiendo ser de capa filtrante simple o doble, con flujo ascendente o descendente, con tasas constantes o decrecientes, y pueden operar bajo condiciones de gravedad o presión.

2.11.4 PRUEBAS DE JARRAS

Según Valencia (2020) la prueba de jarra es la técnica más usada para determinar la dosis de químicos y otros parámetros, en ella se tratan de simular los procesos de coagulación, floculación y sedimentación que promueven la remoción de coloides suspendidos y materia orgánica a nivel de laboratorio, este método posibilita la modificación del pH, la alteración de las cantidades de diversas sustancias químicas que se incorporan a las muestras de agua a tratar y la variación de las velocidades de mezcla, esto se realiza a una escala reducida con el propósito de replicar posteriormente estas condiciones en el tratamiento a gran escala.

2.11.5 PASOS A SEGUIR EN LAS PRUEBAS DE JARRAS

La presente investigación experimental tomó como referencia los siguientes pasos para analizar la calidad de agua (Ortiz, 2019):

- 1) Llenar los recipientes con agua que se va a analizar.
- 2) Un recipiente debe mantenerse como control, mientras que los otros pueden ajustarse según las condiciones deseadas.
- 3) Agregar el coagulante a cada recipiente y mezclar a aproximadamente 100 revoluciones por minuto durante 1 minuto.
- 4) Disminuir la velocidad de mezcla a 25 o 35 revoluciones por minuto y continuar la mezcla durante 15 o 20 minutos.
- 5) Detener la agitación y permitir que la sedimentación ocurra durante un período de 20 a 45 minutos.
- 6) Filtrar el contenido de los recipientes y realizar las pruebas necesarias tanto en el precipitado como en el sobrenadante.

2.12. GESTIÓN AMBIENTAL

2.12.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Mediante los artículos 313 y 318 establecidos en la (Constitución del Ecuador, 2020) destaca el concepto fundamental de que el agua es un recurso estratégico de interés nacional, de uso público que no puede ser objeto de prescripción ni embargo por parte del Estado. Reconoce su importancia vital tanto para la naturaleza como para la supervivencia de los seres humanos, otorgando al Estado la autoridad para regular, administrar, gestionar y supervisar los sectores clave en concordancia con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

2.12.2 NORMA TÉCNICA ECUATORIANA DE AGUA POTABLE: REQUISITOS INEN 1108:2014

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano, de los distintos sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros, por ende, en esta investigación se utilizará la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (2020) para el agua potable, que establece los criterios que el agua destinada al consumo humano debe satisfacer. En la siguiente tabla, se resumen los aspectos significativos según el tipo de agua que se está tratando:

Tabla 2.2. Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas.

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	-----	No objetables
Sabor	-----	No objetables
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN-	mg/l	0,07
Cloro libre residual	mg/l	0,3 a 1,5
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (Cromo Total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5

Fuente: NTE INEN 1108, (2020).

Tabla 2.3. Metodología de análisis para los parámetros analizados.

Parámetros analizados	Metodología de referencia	Método de análisis	Unidad	Criterios de resultado.
pH	NTE INEN 1108	Electrométrico	-----	7.35
Turbiedad	NTE INEN 1108	Electrométrico	NTU	201±101
Sólidos totales	NTE INEN 1108	Gravimétrico	mg/l	221
Color	NTE INEN 1108	-----	U. Aparente	
Olor	NTE INEN 1108	-----	-----	
Conductividad eléctrica	NTE INEN 1108	Electrométrico	ms	
Coliformes fecales	NTE INEN 1108	Incubación	-----	

Fuente: Elaborado por autores.

2.13. CALIDAD DE AGUA

2.13.1 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2019) sostiene que el agua exhibe una serie de atributos cambiantes que la distinguen según su origen y proceso, estas particularidades pueden evaluarse y categorizarse en función de las características físicas, químicas y biológicas del agua, son precisamente las características químicas y biológicas las que influyen en su calidad y determinan su idoneidad para usos específicos. La (OMS, 2018) demuestra en la guía para la calidad del agua los principales parámetros que de acuerdo a sus valores determinan si el agua es de buena calidad para un uso determinado.

La calidad del agua se determina comparando las características fisicoquímicas y microbiológicas de una muestra de agua con directrices de calidad del agua o estándares de cada país (OMS, 2019).

2.13.2 INDICADORES FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.

La calidad del agua se determina mediante variables físicas y químicas, de manera individual o grupal el cual se detalla de la siguiente manera:

Parámetros fisicoquímicos

- Los parámetros fisicoquímicos son análisis que suelen ser más rápidos de obtener y sencillos de monitorear. Para determinar la calidad del agua siempre se obtiene una cantidad considerable de datos que ayudan en la interpretación y tratamiento de la calidad (Ruiz, 2018).

Potencial de Hidrógeno (pH)

- El pH también denominado Potencial de Hidrógeno, es un parámetro que sirve para medir o expresar la acidez o la alcalinidad de una solución, permite expresar la concentración de iones hidrógeno de manera simplificada, consiste en obtener el log de la inversa de la concentración de iones hidrógeno (Meza, 2019).

Color

- Según Martínez (2018) el color presente en el agua se debe a la absorción de la luz por medio de espectros electromagnéticos. En ocasiones las variantes de coloraciones del agua son causadas por el crecimiento de microorganismos como algas.; por lo que se encuentra asociado a sustancias en solución (color verdadero) o a sustancias en suspensión (color aparente).

Oxígeno Disuelto (OD)

- Es un parámetro esencial en la estimación de la calidad del agua en un ecosistema ya que representa un factor determinante para la biodiversidad; además cumple la función de indicador para conocer el estado de salud que presenta un ecosistema acuático (Mora, 2018).

Temperatura

- Es una medida de la energía cinética media de las moléculas de agua, se mide a escala lineal de grados Centígrados o grados Fahrenheit; es considerado como el parámetro más importante de la calidad de agua por lo que impacta la química del agua y las funciones de organismos acuáticos; sus variaciones pueden ser

causantes de la vida de microorganismos no deseados en la calidad del agua (Ruiz, 2018).

Conductividad

- Determina la capacidad de conducir la electricidad en el agua, en donde los iones disueltos son las cargas conductoras (Chacón, 2021).

Turbiedad

- Es la falta de transparencia, debido a la presencia de partículas en suspensión, entre más sólidos en suspensión presentes en el agua, más sucia parece y el valor de turbidez será más elevado (Cervera, 2018).

Sólidos Totales

- Es una medida que indica la presencia de diversas sustancias, elementos y sales en el líquido; estas incluyen sales inorgánicas como calcio, magnesio, potasio y sodio, así como bicarbonatos, cloruros y sulfatos, también pueden encontrarse pequeñas cantidades de materia orgánica disuelta en el agua (Cruz, 2018).

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

- Determina la cantidad de oxígeno para oxidar la materia orgánica en el agua, bajo las condiciones de agente oxidante, temperatura y tiempo. Se calcula mediante la diferencia de dicromato añadido inicialmente y el dicromato tras su oxidación; prescribe la concentración de materia orgánica en las muestras de aguas y aguas residuales (Ramírez, 2018).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

- Este parámetro sirve para determinar si en la muestra de agua existe contaminación biológica, debido a que los microorganismos y bacterias presentes en el agua necesitan oxígeno para degradar la materia orgánica. La muestra de agua es incubada durante 5 días a temperatura de 20°C, el procedimiento que se lleva a cabo es mediante condiciones aerobias; es la cantidad total de oxígeno

consumida por los microorganismos en los primeros cinco días de biodegradación (Lecca, 2019).

Nitritos y Nitratos

- Son indicadores importantes para determinar la calidad del agua, están compuestos por nitrógeno y oxígeno, forman parte del ciclo del nitrógeno del suelo y plantas. Los nitratos son fundamentales en el crecimiento de plantas, son usados en la industria como fertilizante y no son considerados tóxicos, pero si se consume en grandes cantidades produce un efecto diurético; los nitritos pueden producir compuestos cancerígenos, las nitrosaminas, por su reacción con aminas, interaccionan con los glóbulos rojos produciendo metahemoglobinemia que evita el transporte de oxígeno al cuerpo (García, 2020).

Alcalinidad total

- Es la capacidad del agua para neutralizar ácidos, la alcalinidad del agua es causada usualmente por la presencia de carbonato ($\text{CO}_3^{=}$) y bicarbonato (HCO_3^-) asociado a otros iones como Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} ; es decir que, a mayor concentración de carbonato y bicarbonato, mayor será la alcalinidad total del agua (Digiuni, 2021).

Parámetros Microbiológicos

Los parámetros microbiológicos se refieren a la existencia de microorganismos patógenos como virus, bacterias y protozoos en el agua, los cuales pueden causar diversas enfermedades en los seres humanos si se consume agua sin tratar; estos microorganismos suelen ingresar al agua a través de heces fecales o restos orgánicos de personas o animales (Condori, 2018).

Coliformes totales

- Este parámetro engloba a diversas especies bacterianas o cualquier otro tipo de residuo en descomposición presentes en el agua (Rossel, 2020).

Coliformes fecales

- La presencia de coliformes fecales indica la existencia de heces de animales en el agua, por ende, el consumo de agua con presencia de coliformes puede provocar síntomas como diarrea, náuseas y fatiga, por lo tanto, no es recomendable para el consumo humano si la cantidad supera los límites permitidos.

2.14. MÉTODO EXPERIMENTAL “DISEÑO FACTORIAL 2³”

Este método es considerado como un proceso en el que ingresan diversas variables que interactúan para originar un resultado y en el término experimento o arreglo factorial hace referencia a la constitución de los tratamientos o combinaciones de niveles de tratamientos que se desea comparar, por ende, se refiere a la selección de factores que se desea estudiar, los niveles de los factores a ensayar y la combinación de estos, por ende se ha tomado este diseño experimental para poder realizar un análisis estadístico de los tratamientos fisicoquímicos que se va a emplear en la presente investigación y saber su grado de efectividad y calidad que ella ponderaría, para llegar a saber el grado de efectividad y calidad se utilizará el DISEÑO FACTORIAL 2³, con ello se determinaría que nivel y tratamiento resulta efectivo en la presente investigación Fernández (2020). Por lo tanto, se implementó el siguiente diseño factorial 2³ estudia tres factores, lo cuales se dividen en dos niveles cada uno: consta de $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ tratamientos diferentes, por ende, la matriz de diseño se construye fácilmente alternando el signo menos y el signo más

Tabla 2.4. Matriz de diseño factorial 2³.

Tratamiento	A	B	C	Efecto	A	B	C
1	-	-	-	-1	0	0	0
2	+	-	-	a	1	0	0
3	-	+	-	b	0	1	0
4	+	+	-	ab	1	1	0
5	-	-	+	c	0	0	1
6	+	-	+	ac	1	0	1
7	-	+	+	bc	0	1	1
8	+	+	+	Abc	1	1	1

Fuente: Fernández (2020).

2.14.1. FACTORES Y DOMINIO EXPERIMENTAL

El dominio experimental de un factor continuo se expresa con los valores mínimos y máximos que puede tomar, y se asigna la notación codificada -1 al nivel inferior y $+1$ al superior ($-$ y $+$ para simplificar), los factores escogidos por el experimentador y su dominio experimental se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla 2.5. Factores y dominio experimental.

Factores	Dominio Experimental	
	Nivel (-)	Nivel (+)
X1 :	Tiempo de reacción (Horas)	6 8
X2 :	Temperatura (°C)	40 80
X3 :	Catalizador	A B

Fuente: Fernández Bao, (2020).

2.14.2. PLAN DE EXPERIMENTACIÓN

Para entender el impacto de un factor, es suficiente con modificarlo en dos valores, siendo los más adecuados los extremos de su rango experimental, que van desde -1 hasta $+1$, además, esta variación debe aplicarse a cada posible combinación de los valores de los otros factores. Este enfoque ayuda a determinar si el efecto del factor depende de las elecciones hechas para los otros factores, como señala Muñoz (2020). Estas múltiples combinaciones se encuentran contempladas en el diseño factorial completo 2^3 , como se muestra en el cuadro detallado a continuación:

Tabla 2.6. Matriz de experimentos de un diseño factorial completo 2^3 , plan de experimentación y respuestas medidas.

	Matriz de experimentos			Plan de experimentación			Respuesta
	X1	X2	X3	Tiempo (h)	Temp. (°C)	Catal.	
1	-	-	-	6	40	A	49 (Y1)
2	+	-	-	8	40	A	54 (Y2)
3	-	+	-	6	80	A	73 (Y3)
4	+	+	-	8	80	A	80 (Y4)
5	-	-	+	6	40	B	31 (Y5)
6	+	-	+	8	40	B	40 (Y6)
7	-	+	+	6	80	B	76 (Y7)
8	+	+	+	8	80	B	89 (Y8)

Fuente: Muñoz (2020).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación actual tuvo lugar en la provincia de Manabí, cantón Bolívar, Calceta sector el Limón; el río Carrizal está ubicado en el mismo sector, junto a los terrenos del Campus de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí” Manuel Félix López” ESPAM MFL. Este lugar se encuentra geográficamente en las coordenadas UTM de la zona 17M, con una georreferenciación norte de 9908540.16 m. S y una georreferenciación este de 591239.01 m. E.

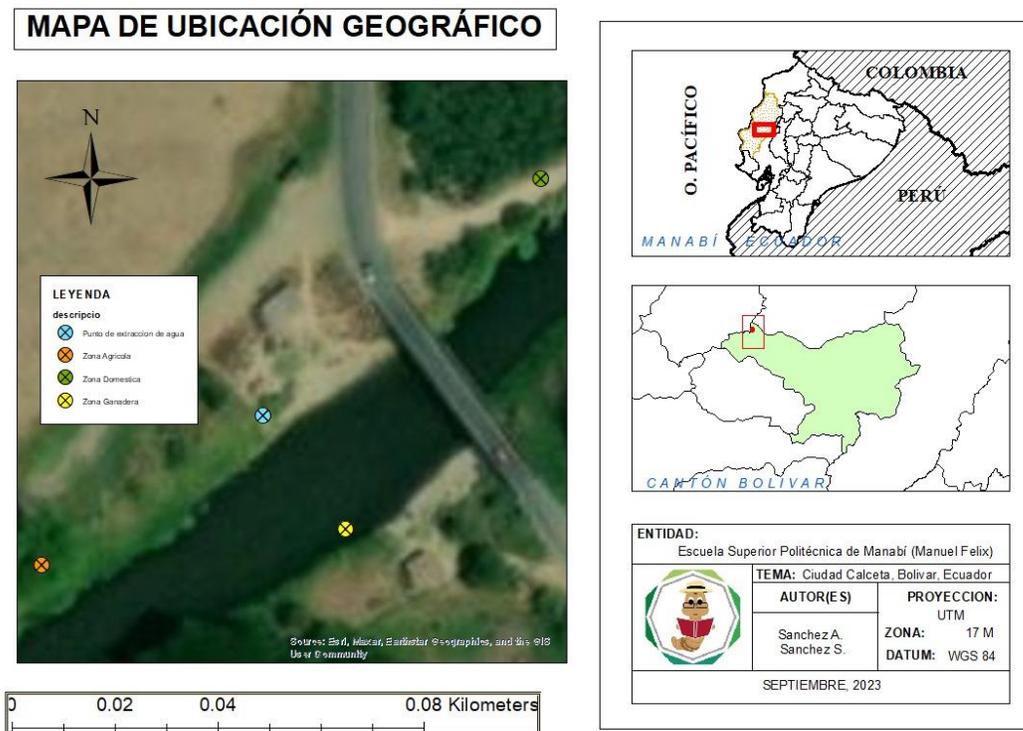


Gráfico 3.1. Mapa de ubicación

3.2. DURACIÓN

La presente investigación tuvo una duración de 8 meses aproximadamente a partir del mes de septiembre del 2022 hasta el mes de abril del 2023.

3.3. VARIABLES DE ESTUDIO

3.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Dosis de productos Físicoquímicos: Policloruro de aluminio y Poliacrilamida.

3.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Parámetros de calidad de agua: Turbidez, pH, Conductividad Eléctrica, Sólidos totales, Coliformes fecales, Nitratos, Nitritos, Cloro libre residual, DBO, DQO, Color aparente.

Tabla 3.1.
Matriz Operacional de las variables en estudio.

Variable	Tipo de variable	Conceptualización	Definiciones Operacionales	Instrumentos	Medición
Variable Independiente:					
Dosis de Coagulante (Ca)	Cuantitativa	Es un coagulante muy económico y efectivo, sobre todo en niveles de pH alcalinos entre 9 – 11, otro beneficio de la cal es la capacidad de eliminar olores, ya que también reacciona con materia orgánica y microorganismos (De La Cruz, 2018).	Se aplicará dosis de coagulante (cal) en las muestras de aguas tomadas del Río Carrizal-Sector El Limón de la ESPAM-MFL, favoreciendo en la eliminación de fosfatos del agua, turbiedad y aumentando el pH.	Jeringuillas, Test de Jarras	Volumen

<p>Dosis de Coagulante (Policloruro de Aluminio)</p>	<p>Cuantitativa</p>	<p>Es un coagulante inorgánico a base de sales de aluminio polimerizadas, en el que abastece a la industria de tratamientos de aguas ya sea para: potabilización, aguas residuales, industria cosmética, acondicionamiento de agua de proceso (Díaz, 2019).</p>	<p>Se usará coagulantes (Policloruro de Aluminio) que tendrá como función eliminar las impurezas presentes en el agua de las muestras recolectadas del Río Carrizal-Sector El Limón de la ESPAM-MFL, siendo óptimo en la remoción de color, sólidos y turbidez.</p>	<p>Jeringuillas, Test de Jarras</p>	<p>Volumen</p>
<p>Dosis de Poliacrilamida</p>	<p>Cuantitativa</p>	<p>La poliacrilamida es un homopolímero de acrilamida, puede ser sintetizado en forma de cadena lineal o entrecruzado, la función principal de la poliacrilamida es la de flocular sólidos en un líquido (Ortiz, 2021).</p>	<p>Se aplicará dosis de producto de poliacrilamida para el efectivo tratamiento de agua en los procesos de clarificación</p>	<p>Jeringuillas, Test de Jarras</p>	<p>Volumen</p>
<p>Variable Dependiente:</p>					

Turbidez	Cuantitativa	Para (Sierra, 2019) la turbidez en el agua es una propiedad óptica que provoca que la luz se disperse y se absorba, en lugar de ser transmitida, cuando la luz que atraviesa un líquido se dispersa se debe a sólidos suspendidos; el agua proveniente de fuentes naturales contiene partículas coloidales que genera turbidez a causa de sedimentos y nutrientes, los cuales no se precipitan fácilmente y deben ser removidos.	Se medirá el nivel de Turbidez mediante el proceso de Nefelometría, que consiste en la desviación de luz, es decir cuando la luz que atraviesa un líquido y esta se dispersa se debe a la presencia de sólidos en el agua.	Turbidímetro	NTU
pH	Cuantitativa	Es la medida de la concentración de iones de hidrógeno o acidez del agua; el pH es considerado como un contaminante secundario en el	En la medición de pH se determina la presencia del ion de hidrógeno, indicando su grado de acidez o	pHmetro o Potenciómetro	-

		que se establece un rango sugerido de 6.5 a 8.5; los valores de pH que están por debajo de 6.5 indican que el agua es corrosiva y puede movilizar metales en tuberías (Sigler, 2017).	alcalinidad en las muestras de agua recogidas.		
Conductividad Eléctrica	Cuantitativa	La Conductividad Eléctrica es la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica a través de iones disueltos, y está directamente vinculada con la concentración y tipo de sales que están disueltas en el agua (Solís, 2018).	Se determinará la capacidad que tiene el agua para conducir corriente eléctrica a través de los iones disueltos en las muestras recolectadas del Río Carrizal-Sector El Limón de la ESPAM-MFL.	Conductímetro o Conductivímetro	mS/cm
Sólidos Totales	Cuantitativa	Los sólidos totales se definen como la materia que permanece como residuo después de los procesos de evaporación y secado a 103 - 105 °C;	Para determinar la presencia de sólidos suspendidos en el agua, se aplicará la gravimetría consiste en la evaporación	Medidor multiparamétrico	mg/L

		comprenden las sales inorgánicas, principalmente de calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos, y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua (Cruz, 2018).	del agua dejando como producto solo los sólidos que se hallaron en las muestras de aguas tomadas.		
--	--	---	---	--	--

Fuente: Elaborado por autores.

3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Los métodos utilizados en el presente trabajo consto de un estudio de investigación exploratoria, descriptivo, bibliográfico y experimental.

3.4.1. MÉTODO DESCRIPTIVO

Para Abreu (2015) el método descriptivo busca un conocimiento inicial de la realidad que se origina de la observación directa del investigador y del conocimiento que se adquiere a través de la lectura o estudio de las distintas informaciones aportadas por diferentes autores. Este método permitió agrupar todos los datos para el diseño de la investigación las cuales se obtuvieron durante el desarrollo de la presente investigación sobre el río Carrizal, sector el Limón, la cual fue analizado en base al objeto de estudio, permitiendo agrupar todos los datos cuantificables que se obtengan durante el desarrollo de la presente investigación que permitirá que sean analizados estadísticamente en base a una población objeto de estudio (Marroquín, 2019).

3.4.2. MÉTODO EXPLORATORIO

El método exploratorio es un tipo de investigación que se utiliza para estudiar o estudiar un problema que no está definido claramente Galarza (2020). Permitiendo reunir

información preliminar para identificar el marco conceptual en base a un tema de investigación que ha sido poco estudiado; además permitirá que el investigador se familiarice más con el tema principal en desarrollo Fernández (2020). Por ende, el método exploratorio permitió reconocer y reunir información sobre las causas y consecuencias originadas en el área de estudio del río Carrizal, sector el Limón dadas por la contaminación hacia el efluente.

3.4.3. MÉTODO EXPERIMENTAL

Consiste en la recopilación de datos mediante la observación de hechos condicionados por el investigador, se manipula una sola variable y se espera la respuesta de otra variable; en donde un conjunto de variables se mantiene constantes, mientras que el otro conjunto de variables se mide como sujeto del experimento Álvarez (2020). En donde el método experimental permitió la manipulación controlada de una o más variables de estudio presentes en la investigación, controlando el aumento o disminución de las variables independientes para obtener resultados medibles en factor de respuesta (Ortigosa, 2018).

3.4.4. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO

Para Tramullas (2020) el método bibliográfico es aquel sistema que se sigue para obtener información contenida en documentos, es decir que es un conjunto de técnicas y estrategias que se utilizan para localizar, identificar y acceder a aquellos documentos que abarcan la información adecuada para la investigación, en donde se pretende reunir los conceptos necesarios y de gran utilidad en la investigación con la finalidad de obtener información útil para la investigación en ejecución Barbosa (2018). El método bibliográfico permitió obtener información contenida en documentos, libros, manuales, revistas, etc., reuniendo conceptos necesarios y de gran utilidad en la investigación sobre calidad de agua y potabilización de la misma, con el objetivo de cuantificar los indicadores evaluados, realizando un análisis de comparación con la normativa nacional del INEN.

3.5. TÉCNICAS

3.5.1. OBSERVACIÓN DIRECTA

La técnica de observación directa es utilizada para la recolección de datos que consiste en observar el objetivo de estudio dentro de una situación en particular; es decir que el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar Arellano (2021). Por ende, se aplicará la técnica de observación directa durante la investigación en las muestras recolectadas durante el proceso de sedimentación para valorar la calidad del lodo producido ya que será útil para tomar como referencia inicial para la ejecución del tema en investigación; en este caso, la eficiencia del proceso de potabilización también se mide mediante la compactación del lodo producido (Balestrini,2020).

3.5.2. ENTREVISTA

La entrevista se basa en la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto o los sujetos de estudio, para obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema González (2020). Esta técnica permitió recoger información, de manera oral y personalizada sobre acontecimientos, experiencias, u opiniones de las personas que habitan en la comunidad El Limón de la ESPAM MFL referente a las fuentes de contaminación que afectan la calidad del agua del Río Carrizal.

3.5.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO

El análisis de laboratorio constó de analizar parámetros fisicoquímicos para determinar la optimización del coagulante y polímero en análisis de muestras del río Carrizal y así determinar la efectividad del tratamiento para una potabilización de la misma.

Tabla 3.2. Factores analizados.

Parámetros fisicoquímicos	Unidad	Reactivos	
pH	UpH	Policloruro de aluminio	Poliacrilamida (Aniónica y Catiónica)
Conductividad eléctrica	uS/cm	$V_i C_i = V_f C_f$	$V_i C_i = V_f C_f$
Sólidos Totales	G	Donde:	Donde:
Turbidez	NTU		
Coliformes fecales	U/100ml	V_i : Volumen inicial	V_i : Volumen inicial
Nitratos	mg/L NO ₃		
Nitritos	mg/L NO ₂	C_i : Concentración inicial	C_i : Concentración inicial
Cloro libre residual	mg/L	V_f : Volumen final	V_f : Volumen final
DBO	mg/L	C_f : Concentración final	C_f : Concentración final
DQO	mg/L O ₂	Agua destilada	Cal
Color aparente	Pt-Co	600 ml	100 gramos-regulador de pH
Temperatura	°C		

Fuente: Elaborado por autores.

3.5.4. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Para Barreda (2020) la estadística descriptiva formula recomendaciones de cómo resumir de manera clara y sencilla, los datos de una investigación en cuadros, tablas, figuras o gráficos, con la finalidad de presentar los datos de forma sencilla y clara tanto para otros investigadores como para los lectores, por ende, esta técnica de la estadística descriptiva permitirá resumir todos los datos o información que se vayan recolectado durante la investigación. Por ende, la estadística descriptiva permitió formular recomendaciones de como resumir de manera clara y sencilla, los datos de la investigación realizada en cuadros, tablas, figuras o gráficos, con la finalidad de presentar los datos de forma sencilla y clara tanto para otros investigadores como para los lectores.

3.5.4. DISEÑO FACTORIAL 2³

El diseño factorial 2³ aplicado a tratamientos fisicoquímicos en la prueba de jarras implica la combinación de tres factores en dos niveles cada uno. Esto permite evaluar el efecto individual de cada factor y las interacciones entre ellos, a continuación, se presenta cómo

se podría aplicar este diseño en una prueba de jarras para tratamientos fisicoquímicos en la selección de los factores:

Tabla 3.3. Factores y dominio experimental.

Factores	Dominio Experimental	
	Nivel (-)	Nivel (+)
X1: Tipo de coagulante(g)	Policloruro de aluminio	Poliacrilamida
X2: Dosis de coagulante(ppm)	20	60
X3: Niveles (-: +)	Aniónico	Catiónico

Fuente: Elaborado por autores.

DONDE:

Factor 1: Tipo de coagulante (A) - Dos niveles: Coagulante A1 y Coagulante A2.

Factor 2: Dosificación de coagulante (B) - Dos niveles: Dosificación B1 y Dosificación B2.

Factor 3: Dosificación de floculante (C) - Dos niveles: Dosificación C1 y Dosificación C2.

Preparación de las combinaciones: Se preparan ocho combinaciones en total, representando todas las posibles combinaciones de los niveles de los tres factores: A1B1C1, A1B1C2, A1B2C1, A1B2C2, A2B1C1, A2B1C2, A2B2C1, A2B2C2.

3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

El cantón Bolívar limita al este con el cantón Pichincha, al sur con los cantones Portoviejo y Junín, al norte con los cantones Tosagua y Chone; su extensión es de aproximadamente 600 km², por ende, la cabecera cantonal Calceta cuenta con 17.632 habitantes, en donde la elevación estimada del terreno sobre el nivel del mar es de 29 metros, en donde el río Carrizal consta de una longitud de 7.29 kilómetros. La investigación se desarrolló en el río Carrizal situado en el Sector El Limón, Calceta; el cual se encuentra junto a los predios de la ESPAM MFL, lugar donde se tomó las muestras para los análisis de los diferentes tratamientos a empleados.

TOMA DE MUESTRAS

Durante un período de cuatro meses, desde el 6 de septiembre al 6 de diciembre de 2022, se llevaron a cabo la recolección de muestras de agua del río Carrizal. Estos ejemplares se obtuvieron de manera sistemática cada martes del río Carrizal, específicamente en el sector El Limón. Durante este proceso, se realizaron mediciones de los parámetros fisicoquímicos tanto en el agua cruda como en el agua tratada. En total, se recolectaron 24 muestras con el objetivo de obtener resultados estadísticamente significativos.

Para garantizar la representatividad de los ejemplares, se tomaron tres replicados por cada muestra, lo que resultó en un total de 8 pruebas por cada tratamiento. Esto equivalió a un total de 24 pruebas en el período de recolección. Estas muestras se analizaron a lo largo de 12 semanas, lo que implicó un promedio de 8 muestras procesadas por semana.

Es importante destacar que, durante todo el proceso de recolección, transporte y conservación de las muestras, se siguieron rigurosamente las pautas establecidas en la Norma INEN 1108:2020 para garantizar la integridad y calidad de los datos obtenidos.

3.7. PROCEDIMIENTOS

El procedimiento que se aplicó en el presente estudio consta de las siguientes fases:

3.7.1. FASE I. IDENTIFICACIÓN DE LAS DISTINTAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL RÍO CARRIZAL-SECTOR EL LIMÓN.

Actividad 1. Reconocimiento y delimitación del área de estudio.

La selección del área de estudio se llevó a cabo mediante georreferenciación, según las coordenadas de la Tabla 3.4, y se prestaron especial atención a los principales focos de contaminación presentes en el Sector El Limón; esto se logró a través del uso de coordenadas GPS y aplicaciones de georreferenciación, lo que permitió identificar de manera precisa los puntos críticos de contaminación en esta zona.

Los factores de contaminación identificados incluyeron actividades ganaderas, agrícolas y descargas domésticas en el Sector El Limón; una vez que se determinaron y analizaron exhaustivamente estos focos de contaminación, se llevaron a cabo visitas de campo para identificar puntos estratégicos y recoger muestras que posteriormente fueron sometidas a un análisis detallado, el propósito de estas acciones fue obtener información representativa para la creación de una línea base sólida en el estudio.

Tabla 3.4. Georreferenciación de los focos de contaminación cerca del río Carrizal.

Focos de contaminación del río Carrizal			
Punto	Coordenada X (UTM 17 M)	Coordenada Y (UTM 17 M)	Altitud (m)MSL
1	9908507	591239	37.5
2	9908575	591277	36.6
3	9908500	591180	35.4

Fuente: Elaborado por autores.

Nota: En la Tabla 3.4. se detalla los focos de contaminación ubicados cerca del río Carrizal mediante la técnica de observación.

DONDE:

Punto 1: Zona domestica

Punto 2: Zona ganadera

Punto 3: Zona Agrícola

A continuación, se determinó el lugar para la toma de muestras para el respectivo análisis del agua del río carrizal en el Laboratorio de la ESPAM-MFL:

Tabla 3.5. Georreferenciación del punto de muestreo.

Punto de extracción del agua			
Punto	Coordenada x (UTM 17 M)	Coordenada Y (UTM 17 M)	Altitud(m)MSL
1	9908529	591223	34.5

Fuente: Elaborado por autores.

Nota: En la Tabla 3.5. se presenta el punto de muestreo, es decir demuestra el punto de donde se colecto el agua de río destinado para realizar los respectivos tratamientos.

Donde:

Punto 1: Zona de muestro del río Carrizal, sector el Limón predios de la ESPAM MFL.

Equipos y materiales:

Para la presente investigación, se describen los equipos, materiales y reactivos que se utilizó en cada una de las fases estimadas a continuación:

Equipos y materiales utilizados en el proceso de extracción de agua.

Durante el proceso de extracción del agua del río el Carrizal sector el limón se utilizó:

Tabla 3.6. Materiales utilizados en la toma de muestras del agua de río.

MATERIALES	EQUIPOS	REACTIVOS
Botellas plásticas de 500 ml	Calculadora	Agua destilada
Balde o galón de 4 litros	Celular	Cal
Jeringuillas de 10 ml	GPS	Policloruro de aluminio
Cuerda	Cronómetro	Poliacrilamida (Aniónica y Catiónica)
Cuaderno	Tiras medidoras de pH	
Esfero o marcador		
Etiquetas adhesivas de codificación		

Fuente: Elaborado por autores.

Nota: En la Tabla 3.6. se detallan los materiales que se utilizaron para realizar la respectiva toma de muestras de agua de río y el dispositivo para realizar la georreferenciación del punto de muestreo y los focos de contaminación.

Equipos y materiales utilizados en las pruebas de jarras y análisis de parámetros físico químicos del agua:

En la prueba de jarras y análisis de los parámetros en el agua se utilizó:

Tabla 3.7. Materiales utilizados para realizar los análisis de las muestras del agua de río.

Materiales	Equipos	Reactivos
Vasos plásticos de muestra	Equipo para realizar pruebas de jarras	Muestras de agua
Vasos de precipitación	Plancha de Calentamiento	Agua destilada
Jeringas plásticas de 10 ml	pHmetro (Medidor de pH)	Cal
Barra agitadora magnética	Turbidímetro	Policloruro de aluminio
	Medidor de Conductividad eléctrica.	Poliacrilamida (Aniónica y Catiónica)

Fuente: Elaborado por autores.

Nota: En la Tabla 3.7. se detallan los equipos e instrumentos utilizados en el laboratorio de la Carrera de Agroindustria para realizar los respectivos análisis a las muestras de agua colectadas.

Actividad 1.2.- Caracterización de la calidad inicial de agua de río Carrizal.

La caracterización del agua superficial tiene como objetivo conocer sus atributos fisicoquímicos, en la cual se realizó un análisis y descripción detallada de los aspectos hidrológicos del río y con la información obtenida se llevó a cabo los análisis fisicoquímicos. El agua cruda del río Carrizal, puede variar en composición dependiendo de varios factores, como la ubicación geográfica, el clima, la temporada y las actividades humanas en la cuenca hidrográfica. A continuación, se mencionan algunas de las características fisicoquímicas comunes que se pueden encontrar en el agua cruda del río Carrizal:

Tabla 3.8. Materiales utilizados para realizar los análisis de las muestras del agua de río.

FACTORES QUE DETERMINAN LA CARACTERIZACION DEL RIO CARRIZAL	
Temperatura:	pH:
La temperatura del agua cruda puede variar según las condiciones ambientales y la temporada.	En el río Carrizal, el pH puede variar dependiendo de los minerales presentes en la cuenca hidrográfica y las influencias humanas. Los ríos suelen tener un pH ligeramente alcalino o neutro, en el rango de 6.5 a 8.5.
Turbidez:	Color y apariencia:
El nivel de turbidez puede variar ampliamente en el río Carrizal, especialmente después de lluvias intensas o durante la erosión del suelo.	El agua cruda del río Carrizal puede tener un color variable, que puede deberse a la presencia de minerales disueltos, materia orgánica o compuestos químicos provenientes de actividades humanas. El agua también puede presentar una apariencia turbia, debido a la presencia de partículas suspendidas.

Fuente: Elaborado por autores.

Debido a que hay muchas áreas donde el agua puede estar contaminada o poco contaminada, es fundamental llevar a cabo evaluaciones constantes de las variables físico-químicas de los recursos hídricos (Vidal, 2019).

Metodología para el muestreo del agua del río Carrizal.

- a) Identificar el lugar de muestreo y preparar los materiales y equipos a utilizar en el lugar de trabajo.

Tabla 3.9. Métodos utilizados para la medición de parámetros analizados.

Caracterización del agua cruda	Método de referencia	
pH	UpH	Potenciometría
Color	Pt-Co	Método estándar APHA
Turbiedad	NTU	Turbidímetro
Conductividad	ms	Conductímetro
Temperatura	°C	Termometría
Alcalinidad	mg/l	Titulación

Fuente: Elaborado por autores.

- a) Colocarse los implementos a utilizar para el muestro del agua: Mandil y guantes.
- b) Se procedió al análisis de parámetros de campo como: Temperatura, pH, conductividad, color, alcalinidad y turbidez con los respectivos equipos y anotación de los resultados obtenidos.

Tabla 3.10. Caracterización del agua cruda.

Parámetros	Unidad de medida	Valor
pH	UpH	7,6
Color	Pt-Co	50
Turbiedad	NTU	5,23
Conductividad	ms	0,34
Temperatura	°C	10
Alcalinidad	mg /l	1,72

Fuente: Elaborado por autores.

Para el primer análisis de agua del río Carrizal, se tomó muestras de agua del río Carrizal en un balde de 20 litros, en el cual se procedió a medir los parámetros fisicoquímicos de campo.

- c) Se realizó la toma de muestras de agua del río Carrizal para análisis fisicoquímico y microbiológico.

Tabla 3.11. Meses de toma de muestras del río Carrizal.

Muestras	M1(Control)	M2(Floculante)	M3(aniónico)	M4(Catiónico)
Septiembre	28	24	20	16
Octubre	28	24	20	16
Noviembre	8	8	8	8
Diciembre	8	8	8	8

Fuente: Elaborado por autores.

Una vez analizado la calidad inicial de agua del río Carrizal, y toma de muestras en botellas plásticas de 500 ml, las cuales se enjuago primero con agua de la fuente a muestrear y se llenó completamente, y posteriormente, se llevó al laboratorio de la ESPAM MFL para su análisis y caracterización fisicoquímicas, según el criterio de (López, 2020). A continuación, en la Tabla 3.12. se detalla los parámetros que fueron analizados en el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí” Manuel Félix López” ESPAM MFL y el laboratorio de la Universidad de Las Américas UDLA.

Tabla 3.12. Parámetros analizados en laboratorio de la ESPAM MFL Y la UDLA.

Indicadores físicos:	Indicadores químicos:	Indicadores microbiológicos:
Conductividad eléctrica, Potencial de hidrógeno (pH), Temperatura, Sólidos totales, Turbidez, Color.	Cloro libre residual, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda química de oxígeno, nitritos y nitratos.	Coliformes Fecales.

Fuente: Elaborado por autores.

- b) Se procedió al análisis de parámetros de campo y se realizó la toma de muestras de agua del río Carrizal para análisis fisicoquímico microbiológico.

Tabla 3.13. Métodos utilizados para la medición de parámetros analizados.

Caracterización del agua cruda		Valor
pH	UpH	7,6
Color	Pt-Co	50
Turbiedad	NTU	5,23
Conductividad	ms	0,34
Temperatura	°C	10
Alcalinidad	mg /l	1,72

Fuente: Elaborado por autores.

3.7.2. FASE II. IMPLEMENTAR TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS MEDIANTE PRUEBAS DE JARRAS PARA UNA EFECTIVA POTABILIZACIÓN DEL AGUA DEL RÍO CARRIZAL - SECTOR EL LIMÓN DE LA ESPAM-MFL.

Para lograr una efectiva potabilización del agua del río Carrizal en el sector El Limón de la ESPAM-MFL, se implementó tratamientos fisicoquímicos mediante pruebas de jarras a nivel de laboratorio. A continuación, se presenta un enfoque general sobre los pasos seguidos:

Actividad 2.1.- Preparación y dosificación del coagulante

El coagulante siempre deberá ser disuelto y mezclado en agua, la literatura recomienda preparar soluciones madre al 5%, es decir 50000 ppm de coagulante, (Orruño, 2019).

1. La solución inicial tendrá una concentración de coagulante del 1% = 10000 ppm
2. Recordar que 1% = 1 gramo por cada 100 ml.
3. Preparar un volumen final de 500 ml de solución coagulante inicial.
4. Cálculo para el peso de coagulante: $500 \text{ ml} * 1/100 = 5 \text{ gramos de coagulante.}$
5. Pesar 5 gramos de coagulante y mezclar en 500 ml de agua.
6. Evitar formación de grumos.

Un producto ayudante de Coagulación siempre deberá ser disuelto y mezclado en agua, la literatura recomienda preparar soluciones entre 0,05 y 0,1%.

1. La solución madre tendrá una concentración de ayudante de Coagulación del 0,1% = 1000 ppm.
2. Recordar que 1% = 1 gramo por cada 100 ml.
3. Preparar un volumen final de 500 ml de solución floculante.
4. Cálculo para el peso de ayudante de Coagulación: $500 \text{ ml} * 0,1/100 = 0,5 \text{ gramos de floculante.}$
5. Pesar 0,5 gramos de ayudante de Coagulación e y mezclar en 500 ml de agua caliente.
6. Mezclar bien, y evitar formación de grumos.

Con base en los análisis y resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos, se determinó la dosificación exacta del policloruro de aluminio (coagulante) y de la poliacrilamida (coadyuvante) y respectivamente la Cal como acondicionador de pH, los cuales fueron utilizados en cada uno de los ensayos, para dicho tratamiento se utilizó la siguiente relación:

$$ViCi = VfCf$$

Donde:

Vi: Volumen inicial- Policloruro de aluminio a dosificar

Ci: Concentración inicial- Concentración de la solución policloruro de aluminio inicial

Vf: Volumen final- Volumen de agua cruda a analizar

Cf: Concentración final- Concentración deseada de policloruro de aluminio

Posteriormente del cálculo se determinó que la concentración adecuada para el policloruro de aluminio es de 8%, mientras que para la poliacrilamida es de 25 %.

Actividad 2.2.- Análisis del agua mediante Test de Jarras.

1) **Análisis fisicoquímico:** Se aparto muestras representativas del agua cruda del río Carrizal en el sector El Limón. Estas muestras servirán como punto de partida para evaluar su calidad y determinar los tratamientos necesarios.

El procedimiento consistió, para el primer análisis de agua dada en los meses de septiembre y octubre, en donde se tomaron muestras de agua del río Carrizal en baldes de 20 litros, en la cual se procedió a medir los parámetros fisicoquímicos de campo, los cuales se presentan en la tabla 3.14:

Tabla 3.14. Parámetros analizados de muestras de agua del rio Carrizal.

Agua Superficial inicial:	
pH:	7,4
Turbidez:	5,19
Temperatura:	10
Color:	50
Conductividad:	0,24
Alcalinidad	1,68

Fuente: Elaborado por autores.

1) **Pruebas de jarras:** El método de pruebas de jarras, se utilizó para la determinación de la dosis óptima tanto de coagulante (Policloruro de Aluminio) como del ayudante de coagulación (Poliacrilamida); en esta técnica, se añaden coagulantes y floculantes en dosis controladas a las muestras de agua cruda, y se evalúa su eficiencia para eliminar partículas suspendidas, turbidez y otros contaminantes realizando diferentes pruebas variando las dosis y tipos de coagulantes y floculantes para encontrar la combinación óptima como se muestra en la tabla 3.15.

Tabla 3.15. Diseño de tratamientos para prueba de jarras.

Tratamientos	pH	Concentración de coagulante (ppm)	Tipo de coagulante
1	8	20	Catiónico
2	10	20	Catiónico
3	8	60	Catiónico
4	10	60	Catiónico
5	8	20	Aniónico
6	10	20	Aniónico
7	8	60	Aniónico
8	10	60	Aniónico

Fuente: Elaborado por autores.

Una vez recolectada la información proveniente de la aplicación de los instrumentos de medición de los indicadores de las variables, se procedió a tabularlos y graficarlos en Microsoft Excel, para poder, a partir del diseño factorial, explicar los diferentes comportamientos a comparar.

DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental factorial 2^3 permitió la manipulación de las variables independientes y la medición de sus efectos en las variables dependientes, estudiando tres factores, lo cuales se dividieron en dos niveles cada uno, la cual consto de $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ tratamientos diferentes, por ende, la matriz de diseño se construye fácilmente alternando el signo menos y el signo más.

DISEÑO FACTORIAL: $2^3 = 8$ experimentos \times 3 repeticiones = 24 experimentos.

Tabla 3.16. Coagulación – Ayudante de Coagulación.

Variables independientes			
pH inicial	8 pH	10 pH	(- : +)
Dosis de Policloruro de aluminio	20 ppm	60 ppm	(- : +)
Tipo de Poliacrilamida	Catiónica	Aniónica	(- : +)

Fuente: Elaborado por autores.

Factores = Variables

A continuación, se presentan los factores y dominios experimentales aplicados, en las cuales se realizaron 8 pruebas experimentales con el fin de analizar el factor con mayor relevancia en la presente investigación tal como se detalla en la Tabla 3.17, la cual muestra el dominio experimental combinado para los tres factores.

Tabla 3.17. Tabla de factor y dominio experimental.

FACTORES Y DOMINIO EXPERIMENTAL		
FACTORES	DOMINIO EXPERIMENTAL	
	NIVEL (-)	NIVEL (+)
pH inicial	8	10
Dosis de Policloruro de aluminio	20	60
Tipo de Poliacrilamida	Catiónica	Aniónica

Fuente: Elaborado por autores.

Por otro lado, los tratamientos realizados de acuerdo a los niveles previamente analizados permitieron evaluar los efectos de un factor, el cual varió entre dos valores. Además, esta variación se aplicó a todas las posibles combinaciones de los valores de los otros factores, esto nos ayudó a descubrir si el efecto estaba relacionado con las elecciones de los otros factores, y determinar cómo afecta la cantidad de cal, policloruro de aluminio y poliacrilamida a las variables dependientes que influyen en la calidad del agua, tales como el pH, turbidez, conductividad eléctrica y sólidos totales, en el marco del diseño experimental factorial 2^3 o $2 \times 2 \times 2$. Cumpliendo con el objetivo de determinar

la mejor combinación de los factores para lograr una efectividad en calidad de agua, los niveles de los factores y las combinaciones de los niveles los cuales se muestran a continuación, obteniéndose ocho tratamientos los cuales se muestran en la siguiente Tabla 3.18. detallada a continuación:

Tabla 3.18. Combinación de tratamientos y índices de calidad.

Tratamiento S	Tratamientos			Calidad de agua			
	pH	Policloruro de aluminio	Poliacrilamida	yT	ypH	yCe	yNtu
1	8	20	Catiónica	yT1	ypH1	yCe1	yNtu1
2	10	20	Catiónica	yT2	ypH2	yCe2	yNtu2
3	8	100	Catiónica	yT3	ypH3	yCe3	yNtu3
4	10	100	Catiónica	yT4	ypH4	yCe4	yNtu4
5	8	20	Aniónica	yT5	ypH5	yCe5	yNtu5
6	10	20	Aniónica	yT6	ypH6	yCe6	yNtu6
7	8	100	Aniónica	yT7	ypH7	yCe7	yNtu7
8	10	100	Aniónica	yT8	ypH8	yCe8	yNtu8

Fuente: Elaborado por autores.

Calidad del agua:

yT: Temperatura.

ypH: pH (grado de acidez o alcalinidad presente en al agua).

yCe: Conductividad eléctrica.

yNtu: Turbidez

REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE JARRAS:

Procedimiento: Una vez determinado los parámetros iniciales, se procede a trasladar al laboratorio de la ESPAM MFL las porciones de 1 litro de muestras. Una vez en laboratorio se colocan las muestras de agua en cada uno de los vasos precipitado del equipo de jarras. Se mide un volumen de 600 ml de agua del río Carrizal con la ayuda de una

probeta y se vierte en vaso precipitado de un 1L, esta misma acción se repite hasta tener 4 vasos precipitados con el agua del río Carrizal a analizar.

1. Se preparan muestras de agua cruda y se aplica cada una de las combinaciones de tratamiento a las jarras correspondientes.
2. Se realiza un seguimiento de los parámetros de interés, como la turbidez, el pH, conductividad eléctrica, sólidos totales u otros indicadores de calidad del agua, antes y después del tratamiento.

Análisis de los resultados:

Tabla 3.19. Análisis obtenidos de las muestras tratadas de agua de río colectadas en los meses de septiembre y octubre con poliacrilamida aniónica.

PAC/ PAM ANIÓNICO						
Partes por millón (ppm)	Tratamientos	pH	Turbidez	Conductividad (mS)	Sólidos Totales	
20	T5R3	pH8	9,06	1,3	0,24	0
20	T6R3	pH10	10,8	13,24	1,33	0,1
60	T7R3	PH8	9,07	0,08	0,28	0
60	T8R3	pH10	10,72	8,33	1,04	0
20	T5R2	pH8	9,48	1,43	0,26	0,2
20	T6R2	pH10	10,68	9,94	1,03	0,1
60	T7R2	pH8	8,79	0,77	0,24	0,1
60	T8R2	pH10	10,3	9,96	0,67	0
20	T5R1	pH8	8,25	0,55	0,26	0,1
20	T6R1	pH10	10,5	15,09	0,65	0,2
60	T7R1	pH8	8,74	2,02	0,25	0,1
60	T8R1	pH10	10,6	8,07	0,74	0

Fuente: Elaborado por autores.

3. A continuación, se registran los resultados obtenidos para cada combinación de tratamiento analizando los datos recopilados utilizando métodos estadísticos para evaluar el efecto de cada factor y las interacciones entre ellos como se muestra en la tabla 3.20:

Tabla 3.20. Análisis obtenidos de las muestras tratadas de agua de río colectadas en los meses de septiembre y octubre con poliacrilamida catiónica.

PAC/ PAM CATIÓNICO						
Partes por millón (ppm)	Tratamientos	pH		Turbidez (NTU)	Conductividad (mS/cm)	Sólidos Totales (g)
20	T1R1	pH8	9,45	0,24	0,23	0,1
20	T2R1	pH10	9,84	3,13	0,2	0,2
60	T3R1	PH8	9,2	0,65	0,24	0
60	T4R1	pH10	10,41	3,6	0,45	0
20	T1R2	pH8	8,85	0	0,28	0,1
20	T2R2	pH10	10,29	1,48	0,32	0,2
60	T3R2	pH8	9,3	0	0,26	0
60	T4R2	pH10	10,5	0,1	0,63	0
20	T1R3	pH8	9,54	0	0,2	0,1
20	T2R3	pH10	10,64	0,68	0,53	0,1
60	T3R3	pH10	10,78	2,17	0,7	0,1
60	T4R3	pH8	9,7	0,92	0,27	0

Fuente: Elaborado por autores.

- Se determina la combinación de tratamientos que muestra la mejor eficiencia en la remoción de contaminantes y la clarificación del agua, basándose en los objetivos establecidos, destacando la elección de los coagulantes y floculantes adecuados para lograr la eficiencia óptima en la remoción de contaminantes, esto implica la realización de pruebas y análisis de laboratorio para determinar la combinación más efectiva y las dosis apropiadas de cada tratamiento, dando como resultado el Tratamiento T5 como mejor tratamiento para remoción de contaminantes que se encuentra resaltado de color amarillo en la Tabla 3.21:

Tabla 3.21. Tratamiento con mejor eficiencia en la remoción de contaminantes.

Dosis de policloruro de aluminio (ppm)	Turbidez (NTU)	Conductividad(uS/cm)	pH	Sólidos Totales (g)
T1 / 20 ppm PAC + 1 ppm Catiónico	1,75	0,25	8,57	0,1
T3 / 60 ppm PAC + 1 ppm Catiónico	2,48	0,27	8,37	0
T1 / 20 ppm PAC + 1 ppm Catiónico	2,67	0,25	8,15	0,1
T3 / 60 ppm PAC + 1 ppm Catiónico	2,57	0,27	8,16	0
T1 / 20 ppm PAC + 1 ppm Catiónico	2,21	0,26	8,23	0,1
T4 / 60 ppm PAC + 1 ppm Catiónico	1,63	0,27	8,23	0
T5 / 20 ppm PAC + 1 ppm Aniónico	1,14	0,25	8,28	0,1
T7 / 60 ppm PAC + 1 ppm Aniónico	1,34	0,27	7,95	0,1
T5 / 20 ppm PAC + 1 ppm Aniónico	0,91	0,25	8,12	0,1
T7 / 60 ppm PAC + 1 ppm Aniónico	0,84	0,24	7,94	0,1
T5 / 20 ppm PAC + 1 ppm Aniónico	0,04	0,25	7,97	0,1
T7 / 60 ppm PAC + 1 ppm Aniónico	0,73	0,27	7,93	0,1

Fuente: Elaborado por autores.

PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA DE JARRAS EN LABORATORIO:

1. Después de analizar y registrar el pH inicial y mantener una velocidad de 100 rpm, se agrega una cantidad específica de coagulante a los vasos precipitados para obtener concentraciones de 20 y 60 ppm.
2. Se realiza un análisis y registro del pH después de añadir el coagulante de policloruro de aluminio.
3. Luego, se lleva a cabo un diseño experimental factorial con diferentes niveles de pH (8 y 10), dosis de coagulante (20 ppm y 60 ppm) y diferentes tipos de coagulantes, como polímeros aniónicos y catiónicos, estos polímeros, de alto peso molecular, se utilizan como ayudantes de la coagulación en el tratamiento de agua potable y residual, y han demostrado ser efectivos en la reducción y eliminación de sales inorgánicas a bajas dosis.
4. De tal manera que después de un 1 min de mezcla rápida en la cual se llevó a cabo la coagulación, se procedió a bajar la velocidad de agitación a 45 rpm durante 10 min para la mezcla lenta, para finalizar a 15 rpm por 5 minutos.
5. Una vez transcurrido los minutos de agitación en el equipo, se procedía a dejar sedimentar el coagulo formado durante 20 minutos, durante este período se observó las características físicas del coágulo, así como la velocidad relativa de

sedimentación en los distintos vasos, en los cuales se podía observar la apariencia y consistencia del coagulo.

6. Pasado los 10 minutos de sedimentación, se tomaba muestras de 100 ml aproximadamente de cada vaso y después se hacían mediciones correspondientes para cada parámetro evaluado.
7. Finalmente, se determinó la dosis optima de policloruro de aluminio (Coagulante) y del polímero seleccionando aquella dosis en donde los valores de los distintos parámetros analizados se encontraron dentro del rango permisible según la Normativa del INEN.

Actividad 2.3.- Optimización y comparación de los parámetros de calidad del agua cruda antes y después de los tratamientos fisicoquímicos para la evaluación de la efectividad de la potabilización.

Una vez obtenido la optimización requerida del policloruro de aluminio y el polímero empleado en la prueba de jarras referente a las dosis aplicadas en las muestras de agua del río Carrizal aplicadas en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre en el laboratorio de la ESPAM MFL, se tomó muestras de ensayo de 60 ml para análisis fisicoquímico y microbiológico, dichas muestras fueron codificadas como se presenta en la Tabla 3.22, las cuales fueron preservadas y almacenadas de acuerdo al método de análisis que se requería, las cuales fueron transportado a la provincia de Pichincha para ser analizados en el Laboratorio de la Universidad de las Américas (UDLA) Quito, en el campus de la Carrera de Ingeniería Ambiental.

Tabla 3.22. Análisis fisicoquímico y microbiológico.

Parámetros	Agua Tratada (octubre, noviembre y diciembre)						Unidad
	Octubre		Noviembre		Diciembre		
	Aniónica	Catiónica	Aniónico	Catiónico	Aniónico	Catiónico	
pH	7,9	8,3	7,8	8,2	7,8	8,2	UpH
Conductividad eléctrica	195,4	205	489	283	489	283	uS/cm
Sólidos Totales	0,1	0	46,5	46,6	0,1	0,3	g
Turbidez	0,91	2,48	3,01	3,54	2,41	2,41	NTU
Coliformes fecales	0	0	0	0	0	0	U/100ml
Nitratos	<0,3	<0,78	<0,3	<2	<2	<2	mg/L NO3
Nitritos	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	mg/L NO2
Cloro libre residual	1,6	1,6	1	1	1	1	mg/L
DBO	<2	<2	<2	<2	<2	<2	mg/L
DQO	8	<100	9	<100	<100	<100	mg/L O2
Color aparente	12	11	13	13	13	13	Pt-Co
Temperatura	9,2	10,6	7,8	8,2	7,8	8,2	°C

Fuente: Elaborado por autores.

Por consiguiente en la siguiente actividad se verifico las características físicas y químicas del agua cruda y tratada en los meses de octubre, noviembre y diciembre, tales como color, pH, conductividad eléctrica, cloro libre residual, coliformes fecales, DQO, DBO, sólidos totales disueltos (TDS), nitritos, nitratos, temperatura, turbidez, cloro libre residual y temperatura, parámetros que fueron analizados de acuerdo a los límites establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana, Agua para consumo humano.

Agua tratada con policloruro de aluminio (coagulante) analizado en el laboratorio de la ESPAM MFL, carrera de Agroindustria en el mes de Octubre:

Tabla 3.23. Valores obtenidos del agua tratada en el mes de octubre.

Agua tratada del río Carrizal	Valor	Unidad
pH	7,8	UpH
Conductividad eléctrica	106,3	uS/cm
Sólidos Totales	0,3	G
Turbidez	4,22	NTU
Coliformes fecales	0	U/100ml
Nitratos	<0,78	mg/L NO ₃
Nitritos	<0,1	mg/L NO ₂
Cloro libre residual	1.6	mg/L
DBO	<2	mg/L
DQO	<100	mg/L O ₂
Color aparente	15	Pt-Co
Temperatura	10	°c

Fuente: Elaborado por autores.

Nota: En la Tabla 3.23 se presenta los valores obtenidos en el análisis que se realizó a la muestra de agua de río con los respectivos tratamientos requeridos durante el mes de octubre.

Agua tratada con policloruro de aluminio (coagulante) analizado en el laboratorio de la ESPAM MFL y de la UDLA en el mes de noviembre:

Tabla 3.24. Valores obtenidos del agua tratada en el mes de noviembre.

Tratamiento 1.1: 60 ppm-Aniónico	Valor	Unidad
Turbidez	3,01	NTU
Conductividad	629	ms
pH	11,6	
Temperatura	10,3	°C
Sólidos totales	46,5	g
Agua tratada con floculante aniónico		
pH	11,6	UpH
Conductividad eléctrica	489	uS/cm
Sólidos Totales	46,5	g
Turbidez	3,01	NTU
Coliformes fecales	0	U/100ml
Nitratos	<0,3	mg/L NO3
Nitritos	<0,1	mg/L NO2
Cloro libre residual	1	mg/L
DBO	<2	mg/L
DQO	9	mg/L O2
Color aparente	15	Pt-Co

Fuente: Elaborado por autores.

Análisis empleado con la dosis secundaria para el tratamiento de 60 ppm con floculante aniónico en el mes de noviembre:

Tabla 3.25. Valores obtenidos del agua tratada con floculante aniónico en el mes de noviembre.

Análisis de agua tratada del río Carrizal UDLA (noviembre):		
Agua del río carrizal		Unidad
pH	7,6	UpH
Conductividad eléctrica	195.4	uS/cm
Sólidos Totales	0,1	g
Turbidez	4,78	NTU
Coliformes fecales	0	U/100ml
Nitratos	<0,3	mg/L NO3
Nitritos	<0,1	mg/L NO2
Cloro libre residual	1.6	mg/L
DBO	<2	mg/L
DQO	8	mg/L O2
Color aparente	15	Pt-Co
Temperatura	10,2	°C

Fuente: Elaborado por autores.

Agua tratada con policloruro de aluminio (coagulante) y polímeros (poliacrilamida aniónico y catiónico) analizado en el laboratorio de la ESPAM MFL Y de la UDLA en el mes de diciembre:

Tabla 3.26. Valores obtenidos del agua tratada con floculante catiónico en el mes de diciembre.

Análisis del agua tratada del río Carrizal (diciembre):		
Agua del río carrizal	Valor	Unidad
pH	7,8	UpH
Conductividad eléctrica	205	uS/cm
Sólidos Totales	0,3	g
Turbidez	4,62	NTU
Coliformes fecales	0	U/100ml
Nitratos	<0,78	mg/L NO3
Nitritos	<0,1	mg/L NO2
Cloro libre residual	1.6	mg/L
DBO	<2	mg/L
DQO	<100	mg/L O2
Color aparente	15	Pt-Co
Temperatura	11,6	°C

Fuente: Elaborado por autores.

Nota: en la Tabla 3.26. se detalla los resultados obtenidos en la muestra de agua de río tratada con el Policloruro de aluminio (Coagulante) y la Poliacrilamida catiónica (Floculante).

Análisis empleados con dosis óptimas para los tratamientos de 20 ppm y 60 ppm con floculantes aniónicos y catiónicos en el mes de diciembre:

Tabla 3.27. Valores obtenidos del agua tratada con floculante catiónico en el mes de diciembre.

Tratamiento 1.2: 20 ppm-Catiónico	Valor	Unidad
Turbidez	2,41	NTU
Conductividad	283	uS/cm
pH	8,2	UpH
Temperatura	10,9	°C
Sólidos totales	0,27	g
Agua tratada con floculante catiónico		
pH	8,2	UpH
Conductividad eléctrica	283	uS/cm
Sólidos Totales	0,3	g
Turbidez	2,41	NTU
Coliformes fecales	0	U/100ml
Nitratos	<2	mg/L NO3
Nitritos	<0,1	mg/L NO2
Cloro libre residual	1	mg/L
DBO	<2	mg/L
DQO	<100	mg/L O2
Color aparente	15	Pt-Co

Fuente: Elaborado por autores.

Nota: en la Tabla 3.27. se presenta los resultados obtenidos de la muestra de agua de río tratada con el Policloruro de aluminio (Coagulante) y la Poliacrilamida catiónica (Floculante).

Tabla 3.28. Valores obtenidos del agua tratada con floculante aniónico en el mes de diciembre.

Tratamiento 1.3: 60 ppm-Aniónico		
Turbidez	4,62	NTU
Conductividad	489	uS/cm
pH	7,8	UpH
Temperatura	10,2	°C
Sólidos totales	0,1	g
Agua tratada con floculante aniónico		
pH	7,8	UpH
Conductividad eléctrica	489	uS/cm
Sólidos Totales	0,1	g
Turbidez	2,41	NTU
Coliformes fecales	0	U/100ml
Nitratos	<2	mg/L NO ₃
Nitritos	<0,1	mg/L NO ₂
Cloro libre residual	1	mg/L
DBO	<2	mg/L
DQO	<100	mg/L O ₂
Color aparente	15	Pt-Co

Fuente: Elaborado por autores.

Nota: En la Tabla 3.28. se detalla los resultados obtenidos en la muestra de agua de río tratada con el Policloruro de aluminio (Coagulante) y la Poliacrilamida Aniónica (Floculante).

3.7.3. FASE III. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LOS TRATAMIENTOS FÍSICOS- QUÍMICOS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA.

Actividad 3.1.- Evaluación de la eficiencia técnica y económica:

Según López (2020), los datos de una investigación se detallan en cuadros, tablas, figuras o gráficos, con la finalidad de presentar los datos de forma sencilla y clara tanto para otros investigadores como para los lectores, por ende para la estimación y evaluación de la eficiencia técnica, se elaborará cuadros comparativos con los porcentajes de reducción de turbidez, sólidos totales y conductividad eléctrica, del mismo modo se realizará tablas y cálculos del costo de operación de los tratamientos más eficientes por metro cubico de agua superficial, dando a conocer el bajo costo con el que

se desarrollara el tratamiento fisicoquímico con los coagulantes y ayudantes de coagulación.

Tabla 3.29. Eficiencia de los coagulantes y floculantes en las muestras colectadas.

Parámetros	Unidad	Agua sin tratar	Noviembre		Diciembre		
			Tratamiento aniónico	Tratamiento catiónico	Agua sin tratar	Tratamiento aniónico	Tratamiento catiónico
pH	UpH	7,6	7,8	8,2	7,8	7,8	8,2
Conductividad eléctrica	uS/cm	195.4	489	283	205	489	283
Sólidos Totales	g	0,1	46,5	46,6	0,3	0,1	0,3
Turbidez	NTU	4,78	3,01	3,54	4,62	2,41	2,41
Coliformes fecales	U/100ml	0	0	0	0	0	0
Nitratos	mg/L NO ₃	<0,3	<0,3	<2	<0,78	<2	<2
Nitritos	mg/L NO ₂	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cloro libre residual	mg/L	1.6	1	1	1.6	1	1
DBO	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2	<2
DQO	mg/L O ₂	8	9	<100	<100	<100	<100
Color aparente	Pt-Co	15	13	13	15	13	13
Temperatura	°C	10,2	10,3	27,6	11,6	7,8	10,9

Fuente: Elaborado por autores.

Nota: En la Tabla 3.29. se detalla la eficiencia de los coagulantes y floculantes que fueron aplicados en las muestras de agua colectadas, lo cual refleja que en algunos parámetros si hubo una disminución en los parámetros analizados, cabe recalcar que en algunos parámetros incidió las estaciones, así como la presencia o escases de lluvias durante los meses en los que se tomaron las muestras.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE AGUA CRUDA DEL RÍO CARRIZAL.

En esta descripción preliminar se consideran los siguientes parámetros principales: turbidez, color aparente y pH, en donde toda la información recolectada se registra en la hoja de "Caracterización de Agua Natural" en un archivo de Excel relacionado con Montoya, (2018) al análisis fisicoquímico de las muestras de agua cruda del río Carrizal se llevó a cabo en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 2022, en ese período de experimentación, se trabajó con varios parámetros, y se determinaron los valores de pH, turbidez, temperatura, color, conductividad y alcalinidad del agua cruda, que se presentan a continuación:

Tabla 4.1. Meses en que se realizó los análisis de agua cruda del Río Carrizal.

Agua Superficial inicial:	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
pH	7,48	7,53	7,60	7,80
Turbidez	4,19	4,32	4,78	4,62
Temperatura	8,21	8,55	10,21	11,61
Color	50	50	50	50
Conductividad	204,20	205,00	195,40	485,00
Alcalinidad	1,60	1,68	1,73	1,78

Fuente: Elaborado por autores.

Nota: Es importante tener en cuenta que las características fisicoquímicas del agua cruda ya que pueden variar considerablemente en función de factores locales y condiciones específicas del río Carrizal.

Según Toapanta (2023), se evalúa la importancia de la alcalinidad original del agua sin tratar como un factor relevante, dado que su nivel natural afecta el proceso de coagulación al interactuar con el coagulante, dada que la alcalinidad cumple una función estabilizadora al generar un pH adecuado para la efectividad del coagulante, permitiendo estar dentro de los rangos de pH específicos, como se indica en la tabla, la alcalinidad y el coagulante se combinan para formar un producto estable que fomenta el proceso de coagulación.

4.1.2. CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE COAGULANTE DURANTE ESTE PERIODO DE ESTUDIO.

El diseño factorial 2³ aplicado a tratamientos fisicoquímicos en la prueba de jarras permite evaluar de manera sistemática y eficiente el efecto de diferentes factores en el proceso de potabilización del agua, esto proporciona información valiosa para optimizar los tratamientos y lograr una mayor eficiencia en la remoción de contaminantes y la clarificación del agua (EPM, 2017).

Este experimento buscó optimizar la concentración del policloruro de aluminio en las muestras de agua tomadas del río carrizal, sector el Limón de la ESPAM MFL, en la cual la prueba de jarras proporcionó los resultados que se muestran en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Optimización de los análisis de agua tratada del Río Carrizal.

Dosis de policloruro de aluminio (ppm)	Turbidez (NTU)	Conductividad (uS/cm)	pH	Sólidos Totales (g)
T1 / 20 ppm PAC + 1 ppm Catiónico	1,75	0,25	8,57	0,1
T3 / 60 ppm PAC + 1 ppm Catiónico	2,48	0,27	8,37	0,0
T1 / 20 ppm PAC + 1 ppm Catiónico	2,67	0,25	8,15	0,1
T3 / 60 ppm PAC + 1 ppm Catiónico	2,57	0,27	8,16	0,0
T1 / 20 ppm PAC + 1 ppm Catiónico	2,21	0,26	8,23	0,1
T4 / 60 ppm PAC + 1 ppm Catiónico	1,63	0,27	8,23	0,0
T5 / 20 ppm PAC + 1 ppm Aniónico	1,14	0,25	8,28	0,1
T7 / 60 ppm PAC + 1 ppm Aniónico	1,34	0,27	7,95	0,1
T5 / 20 ppm PAC + 1 ppm Aniónico	0,91	0,25	8,12	0,1
T7 / 60 ppm PAC + 1 ppm Aniónico	0,84	0,24	7,94	0,1
T5 / 20 ppm PAC + 1 ppm Aniónico	0,04	0,25	7,97	0,1
T7 / 60 ppm PAC + 1 ppm Aniónico	0,73	0,27	7,93	0,1

Fuente: Elaborado por autores.

El resultado obtenido del Tratamiento T5 demostró que la dosis de 20 ppm de policloruro de aluminio es la más efectiva para los tratamientos de las muestras de agua del río Carrizal durante el período de estudio, resaltado en color amarillo, esta dosis se asoció con una menor turbidez, conductividad, pH y sólidos totales, parámetros que se mantuvieron dentro de los límites considerados normales. En virtud de (Ortiz A. M., 2019) es importante tener en cuenta que la dosis óptima de coagulante puede variar dependiendo de las características del agua a tratar, como la composición química,

turbidez y niveles de contaminantes, por lo tanto, los resultados obtenidos para el río Carrizal pueden no ser directamente aplicables a otros cuerpos de agua.

4.1.3. IMPLEMENTACIÓN DE TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS MEDIANTE PRUEBAS DE JARRAS PARA UNA EFECTIVA POTABILIZACIÓN DEL AGUA DEL RÍO CARRIZAL - SECTOR EL LIMÓN DE LA ESPAM-MFL

Según Yanza (2019), es fundamental destacar la importancia de la dosis y el pH del agua en el proceso de tratamiento fisicoquímico con policloruro de aluminio; un exceso en la cantidad de coagulante puede dar lugar a problemas de sobredosis, lo que a su vez puede conducir a la formación de subproductos no deseados. Por otro lado, una dosis insuficiente puede resultar en una remoción incompleta de las partículas y una menor eficiencia en la clarificación del agua.

Por ende, los resultados de los análisis de caracterización de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras tomadas del río Carrizal, ubicadas en el sector El Limón de la ESPM MFL del Cantón Manabí, fueron analizados en los laboratorios de la ESPAM MFL y la UDLA de Quito, en la carrera de Ingeniería agroindustrial e Ingeniería Ambiental. Estos resultados se presentan de manera detallada en la Tabla 4.3, donde se describen cada uno de los parámetros junto con su respectiva evaluación durante los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Tabla 4.3. Resultados obtenidos de los análisis realizados.

Análisis de agua del río Carrizal tratada con coagulantes y polímeros						
Meses del Año 2022		Octubre	Noviembre		Diciembre	
Reactivos		Policloruro de Aluminio	Aniónico	Catiónico	Aniónico	Catiónico
Agua tratada:	Unidad	Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
pH	UpH	7,8	11,6	8,2	7,8	8,2
Conductividad eléctrica	uS/cm	106,3	489	283	489	283
Sólidos Totales	g	0,3	46,5	46,6	0,1	0,3
Turbidez	NTU	4,22	3,01	3,54	2,41	2,41
Coliformes fecales	U/100ml	0	0	0	0	0
Nitratos	mg/L NO ₃	<0,78	<0,3	<2	<2	<2
Nitritos	mg/L NO ₂	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Cloro libre residual	mg/L	1.6	1	1	1	1
DBO	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2
DQO	mg/L O ₂	<100	9	<100	<100	<100
Color aparente	Pt-Co	15	15	15	15	15
Temperatura	°C	10	10,3	10,2	10,2	10,9

Fuente: Elaborado por autores.

Se seleccionó el coagulante (Policloruro de Aluminio) y los floculantes catiónicos y aniónicos de Poliácridamida, aplicando la dosis más apropiada en los tratamientos de las muestras de agua del río Carrizal durante los meses de octubre, noviembre y diciembre y basándose en los resultados de las pruebas de jarras, se escogen los coagulantes y floculantes más eficientes para tratar el agua sin tratar, estos productos químicos colaborarán en la formación de flóculos, que se unirán a las partículas y contaminantes presentes en el agua, facilitando así su posterior eliminación. Además (Rivera, 2019) asegura que los tratamientos fisicoquímicos con policloruro de aluminio para agua potable son una estrategia eficaz y ampliamente utilizada para la clarificación y purificación del agua, sin embargo, es fundamental realizar un monitoreo constante de la dosis, el pH y otros parámetros relevantes para garantizar un tratamiento efectivo y seguro del agua potable.

4.1.4. COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS MEJOR OPTIMIZADO EN LA PRUEBA DE JARRAS, SEGÚN LA NORMA TÉCNICA ECUATORIANA- AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

La comparación los resultados obtenidos en el mes de diciembre con el mejor tratamiento optimizado en la prueba de jarras con los valores establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana para Agua para Consumo Humano, se determinó que el tratamiento optimizado con coagulante y polímero aniónico analizado en la muestra de agua cumple con los estándares de calidad requeridos. Esto proporciona una base sólida para garantizar que el agua del río Carrizal puede ser suministrada para el consumo humano sea segura, confiable y cumpla con los requisitos de salud establecidos en el INEN 1108-2020.

Tabla 4.4. Comparación de resultados obtenidos con la NTE INEN 1108-2020.

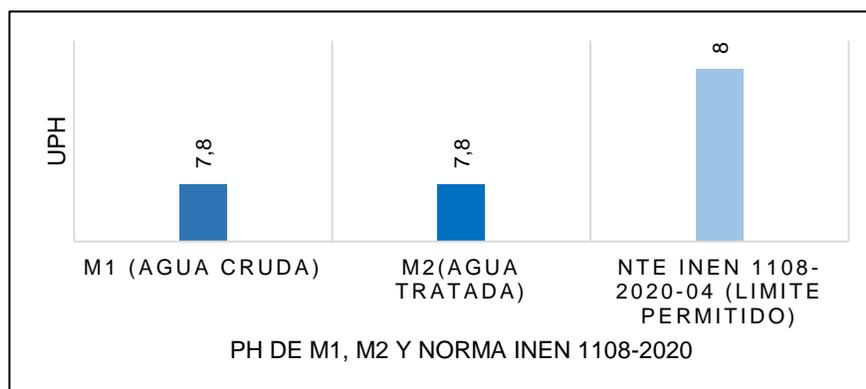
Parámetros	Unidad	M1 (Agua cruda)	M2(Agua tratada)	NTE INEN 1108-2020-04 (Límite permitido)	Criterio
pH	UpH	7,8	7,8	6,5 – 8,0	Cumple
Conductividad eléctrica	uS/cm	205	489	...	...
Sólidos Totales	g	0,3	0,1	...	...
Turbidez	NTU	4,62	2,41	5,0	Cumple
Coliformes fecales	U/100ml	0	0	Ausencia	Cumple
Nitratos	mg/L NO3	<0,78	<2	50	Cumple
Nitritos	mg/L NO2	<0,1	<0,1	3,0	Cumple
Cloro libre residual	mg/L	1.6	1	0,3 a 1,5	Cumple
DBO	mg/L	<2	<2	...	...
DQO	mg/L O2	<100	<100	...	...
Color aparente	Pt-Co	50	15	15	Cumple
Temperatura	°C	11,6	10,2	...	...

Fuente: Elaborado por autores.

En la Norma Técnica Ecuatoriana para Agua para Consumo Humano, se establecen los valores óptimos para diversos parámetros físicoquímicos y microbiológicos que se deben cumplir en la prueba de jarras. Los siguientes parámetros que cumplen con la normativa son:

pH

Figura 4.1: Comparación del resultado de pH en base a la NTE INEN 1108-2020.

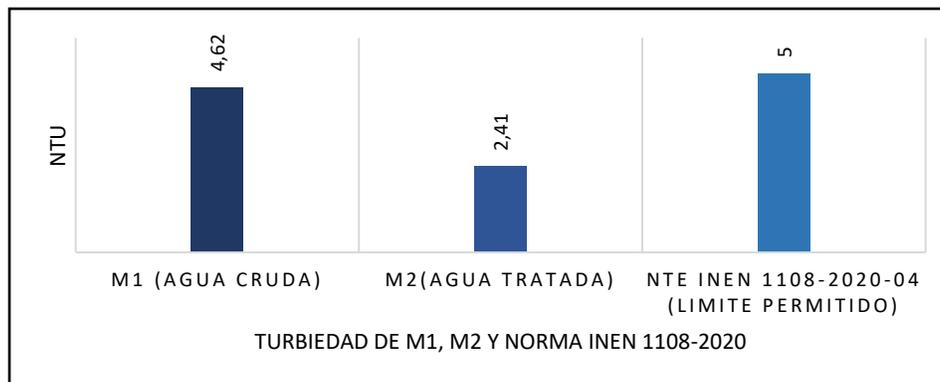


Fuente: Elaborado por autores.

En la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108-2020 establece que el límite permitido de pH es de 8, en los análisis realizados se obtuvo como resultado en el agua con tratamientos un valor de 7,8, así mismo en el agua sin tratamiento arrojó como resultado 7,8; debido a esto se determinó que el nivel de pH presente en el agua de río tratada y en el agua de río sin tratamientos se encuentra dentro de los límites permisibles en la normativa.

Turbidez

Figura 4.2: Comparación del resultado de turbidez en base a la NTE INEN 1108-2020.



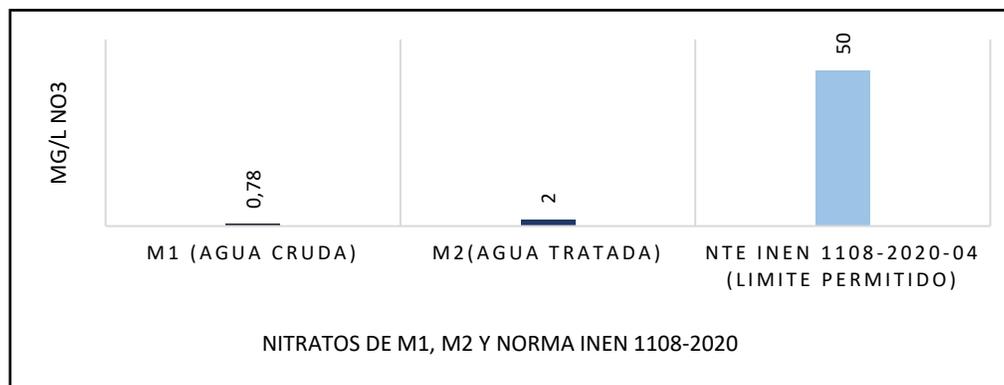
Fuente: Elaborado por autores.

Los resultados de los análisis indican que tanto el agua de río sin tratamiento como el agua de río con tratamiento se encuentran por debajo del límite permisible de turbidez establecido en la Normativa Técnica Ecuatoriana 1108-2020. La normativa establece un

límite de 5 NTU, y los resultados obtenidos fueron de 4,62 NTU para el agua de río sin tratamiento y 2,41 NTU para el agua de río con tratamiento. Por lo tanto, se concluye que los parámetros analizados cumplen con el límite permitido establecido en la NTE INEN 1108-2020.

Nitratos

Figura 4.3.: Comparación del resultado de Nitratos en base a la NTE INEN 1108-2020.

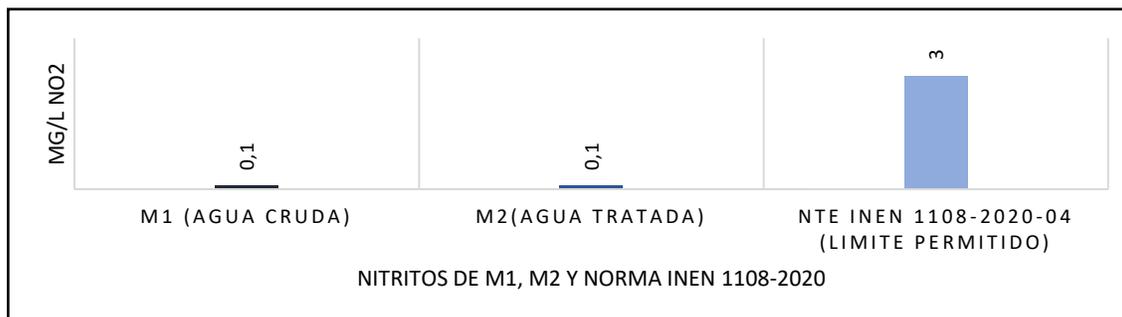


Fuente: Elaborado por autores.

Según la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108-2020 demuestra que el valor límite permitido de Nitratos presentes en el agua es de 50 mg/L NO₃; en los análisis realizados se obtuvo valores bajos tanto en el agua tratada como en el agua de río sin tratamiento, en la muestra de agua de río tratada se obtuvo un valor de 2 mg/L NO₃ de Nitratos presentes en el agua, a diferencia del agua de río sin tratamientos demostró un resultado de 0,78 mg/L NO₃, por ende este parámetro analizado se encuentra muy por debajo de los límites permitidos que detalla la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108-2020.

Nitritos

Figura 4.4: Comparación del resultado de Nitritos en base a la NTE INEN 1108-2020.

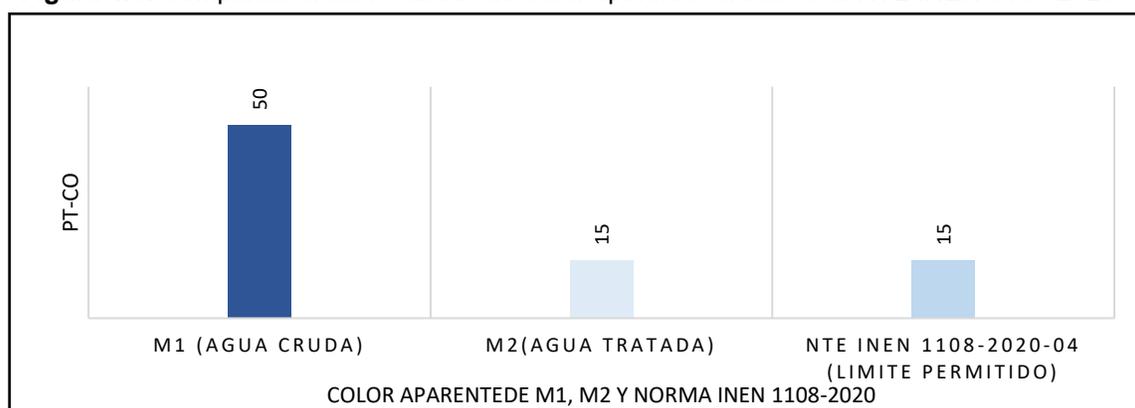


Fuente: Elaborado por autores.

Conforme a la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1108-2020, establece un límite máximo permitido de 3 mg/L NO_2 de nitritos en el agua, en este contexto, es relevante señalar que los resultados obtenidos son los siguientes: tanto la muestra de agua de río tratada como la muestra de agua de río sin tratamiento arrojaron una concentración de 0,1 mg/L de nitritos (NO_2). Esta cifra coincide con la concentración registrada en la muestra anteriormente mencionada. En consecuencia, estos resultados indican que los niveles de nitritos en ambas muestras, tanto la tratada como la no tratada, se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa con respecto a los nitratos.

Color Aparente

Figura 4.5: Comparación del resultado de Color aparente en base a la NTE INEN 1108-2020.



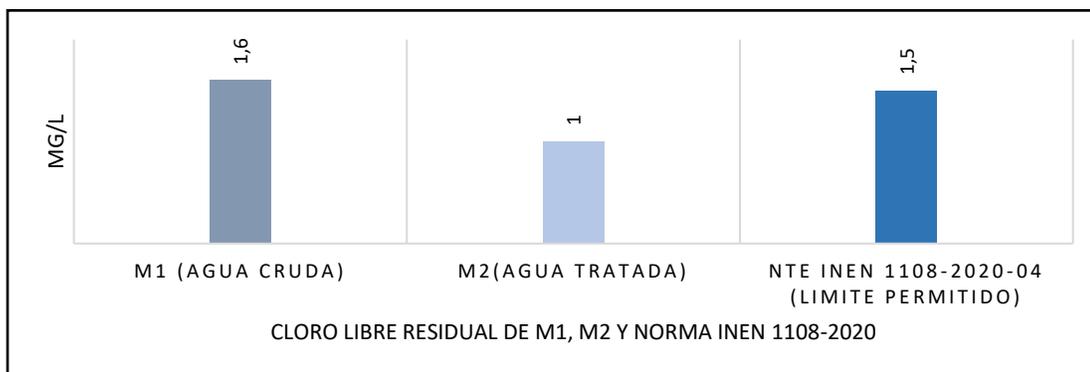
Fuente: Elaborado por autores.

La Normativa Técnica Ecuatoriana 1108-2020 establece un límite permitido de 15 Pt-Co para el color aparente en el agua. Al realizar los análisis de color aparente en la muestra de agua con tratamiento, se obtuvo un resultado de 15 Pt-Co, lo cual demuestra que se encuentra dentro de los límites permitidos según la normativa. Sin embargo, en la muestra de agua sin tratamiento, el resultado fue de 50 Pt-Co, superando el límite permitido establecido en la normativa vigente. El color aparente es uno de los parámetros organolépticos que demuestran la calidad del agua de consumo humano, se encuentra vinculado con las sustancias disueltas y las partículas en suspensión (Trujillo, 2018).

Esto resalta la importancia del tratamiento del agua para cumplir con los estándares de calidad establecidos en el tratamiento adecuado el cual logró mantener el color aparente dentro de los límites permisibles, lo que indica una mejora en la calidad del agua.

Cloro libre residual

Figura 4.6: Comparación del resultado de Cloro libre residual en base a la NTE INEN 1108-2020.



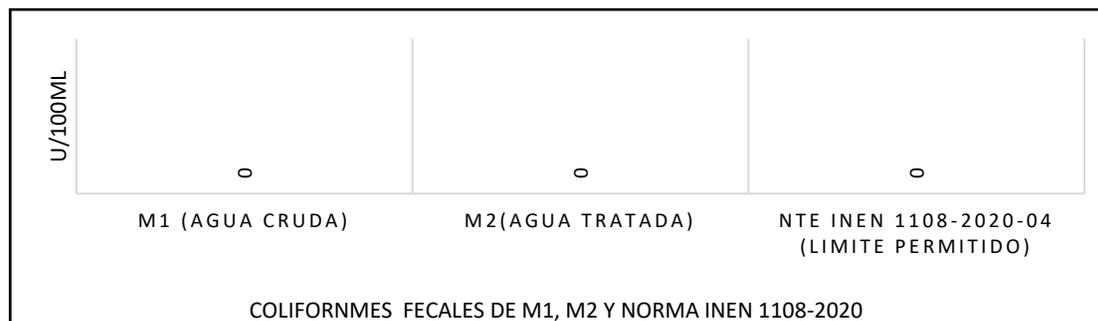
Fuente: Elaborado por autores.

Los resultados del análisis de cloro libre residual indican que el agua de río sin tratamiento presentó una concentración de 1,6 mg/L, mientras que el agua tratada mostró una reducción de este parámetro, obteniendo un resultado de 1 mg/L. Según la Normativa Técnica Ecuatoriana 1108-2020, el límite permisible para el cloro libre residual es de 1,5 mg/L.

Esto demuestra que el agua tratada cumple con los límites establecidos en la normativa. Por otro lado, el agua de río sin tratamiento supera el límite aceptable según la normativa vigente. Es importante destacar la eficacia del tratamiento en la reducción de la concentración de cloro libre residual y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad del agua.

Coliformes Fecales

Figura 4.7: Comparación del resultado de Coliformes fecales en base a la NTE INEN 1108-2020.



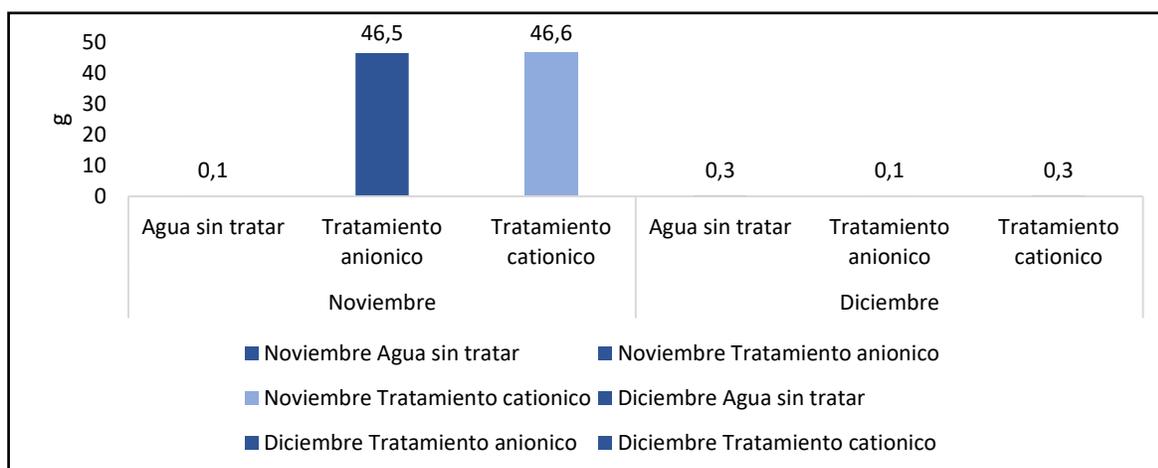
Fuente: Elaborado por autores.

Según la Normativa Técnica Ecuatoriana 1108-2020, se establece que el límite permisible de coliformes fecales en el agua es cero. En consecuencia, los análisis efectuados revelaron que, tanto en la muestra de agua del río sin tratamiento como en la muestra de agua tratada, se obtuvo un resultado de 0. Por lo tanto, se concluye que tanto el agua tratada como la no tratada cumplen con los límites permisibles establecidos por la normativa.

4.1.5. EFICIENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LOS TRATAMIENTOS FÍSICOS- QUÍMICOS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN DE AGUA.

Para Salazar (2020), la eficiencia técnica y económica de los tratamientos físico-químicos en el proceso de potabilización de agua es fundamental para garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano, en la cual se considera tanto la capacidad de eliminación de contaminantes como los costos asociados con la implementación y operación de estos tratamientos en donde la optimización de los recursos y la adaptabilidad a las condiciones cambiantes son aspectos clave a tener en cuenta para lograr una potabilización eficiente y sostenible del agua. A continuación, se da a conocer los resultados de la eficiencia técnica obtenida en las muestras de agua colectadas en el río Carrizal, detallando cuál de los químicos utilizados brindó mejores resultados en la remoción de contaminantes en las muestras tratadas.

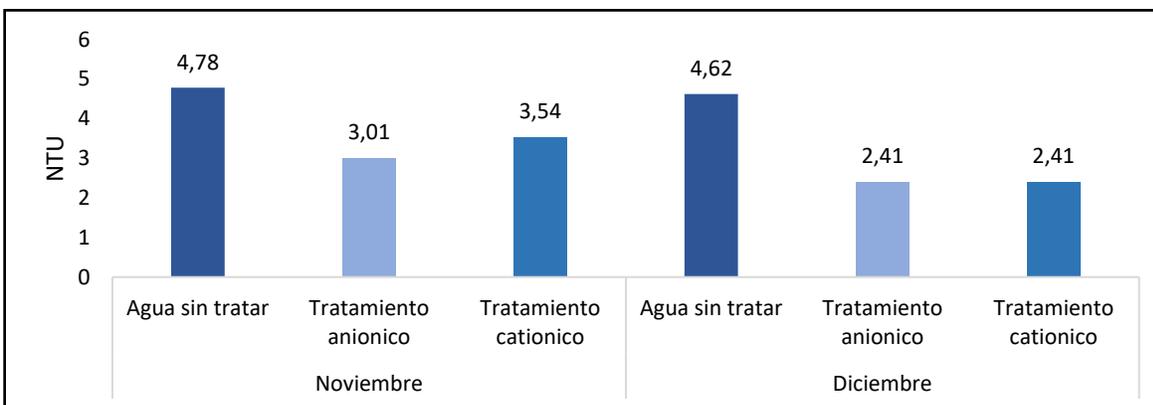
Figura 4.8: Eficiencia de coagulantes y floculantes de los tratamientos en la remoción de sólidos totales.



Fuente: Elaborado por autores.

En la Figura 4.8 se puede observar que tanto los floculantes aniónicos como los catiónicos demostraron una mayor eficiencia en la remoción de turbidez durante el mes de diciembre. En ambos tratamientos, se logró obtener un resultado de 2,41 NTU, en comparación con la muestra de agua de río sin tratamiento del mismo mes, donde se evidencia una notable diferencia en las muestras de agua tratada.

Figura 4.9: Eficiencia de coagulantes y floculantes de los tratamientos en la remoción de turbidez.



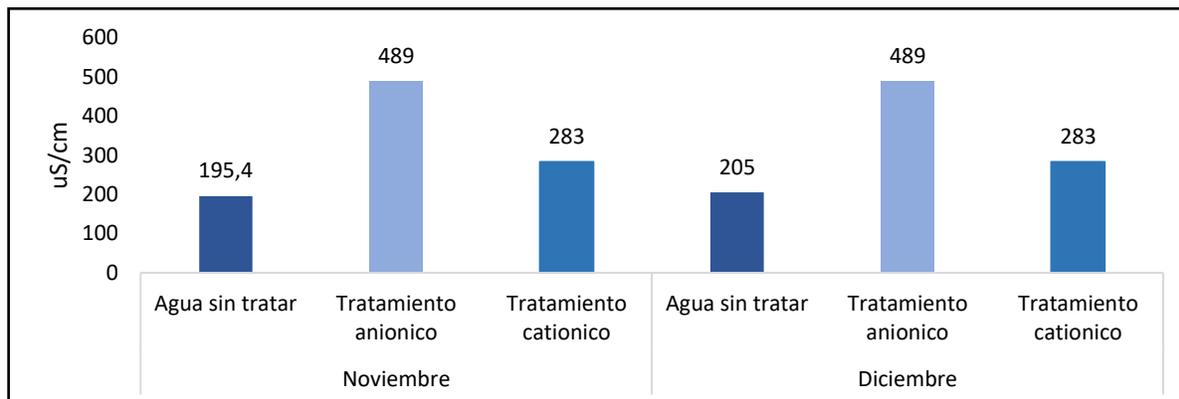
Fuente: Elaborado por autores.

Sin embargo, en el mes de noviembre, se puede apreciar que el tratamiento aniónico mostró una mayor eficiencia en la remoción de turbidez, obteniendo un resultado de 3,01 NTU, mientras que el tratamiento catiónico alcanzó 3,54 NTU.

Estos resultados indican que la eficacia de los tratamientos puede variar dependiendo del mes y de los floculantes utilizados. En diciembre, ambos tratamientos ofrecieron una eficiencia similar en la remoción de turbidez, mientras que en noviembre el tratamiento aniónico fue ligeramente más efectivo.

Es importante analizar y considerar estos resultados para seleccionar el floculante más adecuado en cada caso y maximizar la eficiencia del tratamiento de remoción de turbidez en el agua.

Figura 4.10: Eficiencia de coagulantes y floculantes de los tratamientos en la remoción de conductividad eléctrica.

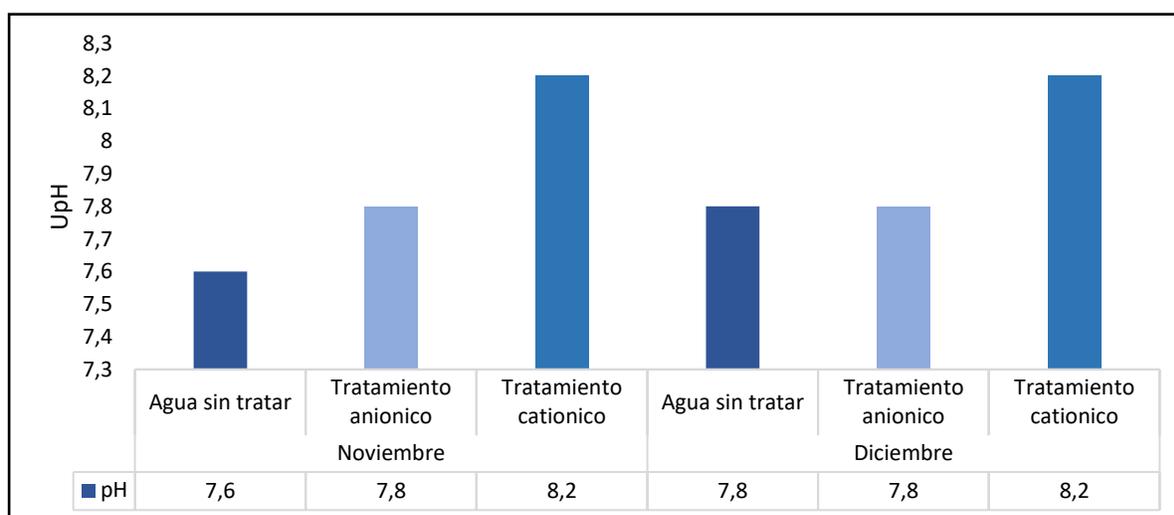


Fuente: Elaborado por autores.

En el caso de la conductividad eléctrica, se observa que el tratamiento aniónico ha tenido un impacto en el aumento del nivel inicial en comparación con la muestra de agua de río sin tratamiento. En el mes de noviembre, la muestra sin tratamiento presentó un nivel de 195 uS/cm, mientras que en el tratamiento aniónico aumentó a 489 uS/cm, y en el tratamiento catiónico se obtuvo un valor de 283 uS/cm. En el mes de diciembre, la muestra inicial tenía una conductividad eléctrica de 205 uS/cm, y tanto en el tratamiento aniónico como en el catiónico se obtuvieron los mismos valores que en el mes anterior.

Estos resultados indican que el tratamiento aniónico puede influir en un aumento de la conductividad eléctrica en comparación con el tratamiento catiónico y la muestra sin tratamiento. Es importante considerar este efecto al evaluar los resultados de la conductividad eléctrica y tener en cuenta las implicaciones que puede tener en el agua tratada.

Figura 4.11: Eficiencia de coagulantes y floculantes de los tratamientos en la remoción de pH.



Fuente: Elaborado por autores.

En los resultados obtenidos, se observa que en el agua de río en el mes de noviembre se presenta un pH inicial de 7,6. En el tratamiento aniónico, se nota un ligero incremento a 7,8, mientras que en el tratamiento catiónico el pH se eleva a 8,2. Por otro lado, en el mes de diciembre, el agua de río sin tratamiento parte de un pH inicial de 7,8. En el tratamiento aniónico, se mantiene el pH igual al de la muestra de agua sin tratar, mientras que en el tratamiento catiónico se incrementa a un pH de 8,2.

Para Morales (2022), los tratamientos aniónicos y catiónicos desempeñan un papel fundamental en el proceso de tratamiento de agua potable, en los cuales ambos enfoques son eficaces para eliminar contaminantes cargados negativamente y positivamente, respectivamente la combinación de estos tratamientos puede lograr una mejora significativa en la calidad del agua, asegurando que cumpla con los estándares requeridos para el consumo humano. Sin embargo, es importante evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental de estos tratamientos en cada situación específica.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se identificaron las distintas fuentes de contaminación existentes en el río Carrizal-Sector El Limón de la ESPAM-MFL como: desechos sólidos arrojados al río, las fumigaciones realizadas en la plantación de banano, descargas de agua residual de uso doméstico y zona ganadera.
- Se implementaron tratamientos en las muestras de agua colectadas mediante pruebas de jarras, los cuales consistieron en la aplicación de coagulante en este caso Policloruro de Aluminio y floculantes como la Poliacrilamida Catiónica y Aniónica, siendo aplicados a 20 y 60 ppm; además se aplicaron dosis de cal en las muestras de agua tratadas.
- Se evaluó la eficiencia técnica y económica de los tratamientos fisicoquímicos obteniendo como resultado un 90% de remoción de turbidez, un 80% de remoción de color en los parámetros analizados en las muestras de agua tratadas, es decir que en algunos parámetros se presencié una reducción en el valor del contaminante.
- Sobre las hipótesis estimadas en el presente trabajo de investigación se acepta la hipótesis alternativa, en la cual demuestra que la aplicación de tratamientos fisicoquímicos sí influye en una efectiva potabilización de las muestras de agua tomadas del Río Carrizal-Sector El Limón de la ESPAM MFL, mediante condiciones de laboratorio.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se sugiere llevar a cabo un estudio más amplio que incluya tanto la época seca como la lluviosa, con el fin de fortalecer la investigación realizada. Esto permitirá evaluar las variaciones estacionales y obtener datos adicionales que enriquezcan el estudio.
- Es importante promover la conciencia sobre la importancia y preservación del recurso vital del agua en el río Carrizal. La sociedad debe sensibilizarse acerca de los daños que se están causando a este recurso fundamental para la vida, y se deben fomentar acciones de conservación y uso responsable del agua.
- Ajustar la dosis óptima de policloruro de aluminio al 1.5% para cada variación en la turbiedad, con una diferencia de ± 10 unidades. Esto garantizará mejores resultados en el tratamiento de agua potable, ya que la turbiedad y la dosis son inversamente proporcionales. Es decir, a mayor turbiedad se requiere una dosis menor, mientras que, si la turbidez es baja, se debe aumentar la cantidad de coagulante.
- En la actualidad, existe una amplia gama de reactivos químicos en el mercado destinados a diferentes tratamientos de agua. Los coagulantes convencionales han sido ampliamente utilizados en el pasado y han demostrado ser efectivos para desestabilizar las partículas. Sin embargo, debido a las crecientes demandas en cuanto a la calidad del agua tratada y la optimización técnica y económica de los procesos de tratamiento, se ha cuestionado la eficacia de estos coagulantes convencionales.
- Se propone considerar el uso de una nueva generación de coagulantes alternativos, como el clorhidrato de aluminio (ACH) y los polisulfatos de aluminio (PAS). Estos nuevos coagulantes han demostrado un mejor rendimiento en comparación con los coagulantes convencionales, como el sulfato de aluminio (alumbre) o el cloruro férrico. Su implementación puede contribuir a mejorar la eficiencia y los resultados del tratamiento de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, M. (2021). Estudio comparativo in vitro de la filtración apical con tres técnicas de obturación. *Odontoestomatología*, 23(38).
- Abreu, J. (2015). Análisis al Método de la Investigación analysis to the research method. *Daena: International journal of good conscience*, 10(1), 205-214.
- Acosta, R. (2018). Saneamiento ambiental y tipos de tratamientos para potabilización de agua. Córdoba-Argentina: Brujas.
- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. (2016). Estrategia Nacional de la Calidad del Agua. Obtenido de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf
- Álvarez, A. (2020). Clasificación de las investigaciones.
- Andrade, F. (2019). Tratamiento de aguas residuales mediante la combinación de técnicas avanzadas de oxidación y biofiltros-distribución del agua en Ecuador. España: universidad de las palmas de gran canaria.
- Arellano, L. (2021). La Observación en el Estudio de las Organizaciones. A prática na InvestigaçãO Qualitativa: Experiências de Grupos de InvestigaçãO//La práctica en, 19(4).
- Ávila, H. (2020). La entrevista y la encuesta: ¿Métodos o técnicas de indagación empírica? *Didasc@ lia: didáctica y educación* ISSN 2224-2643, 11(3), 62-79.
- Balestrini, M. (2020). Marco metodológico. Caracas. Venezuela: BL Consultores Asociados. Obtenido de <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0094671/cap03.pdf>.

- Barbosa, S. (2018). Influencia del deporte y la actividad física en el estado de salud físico y mental: una revisión bibliográfica. *Katharsis: Revista de Ciencias Sociales*, (25), 141-160.
- Barreda, J. (2020). La estadística descriptiva en la formación investigativa del instructor de arte. *Conrado*, 16(73), 100-107.
- Bermúdez, X. (2019). Estudio del proceso de coagulación de aguas residuales de la empresa Textil “desembarco del granma” a escala de Laboratorio. *Chemical Technology*, 29(3), 64-73.
- Brousett, M. (2021). Impacto de la Minería en aguas superficiales de la Región Puno-Perú. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle* en.
- Brownell, P. (2018). Investigando la terapia gestalt para la ansiedad en dispositivos basados en la práctica: un diseño experimental de caso único.
- Camacho, C. (2021). Tratamiento de Agua para consumo humano. Buenos Aires: Redalcy.org. N°29. pp. 153-170.
- Camareno, M. (2019). Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. *Tecnología en marcha*, 19(4), 37-41.
- Castiblanco, L. (2020). Introducción al uso de coagulantes naturales en los procesos de potabilización del agua. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, 11(2), 1-14.
- Cervera, E. (2018). Indicadores de uso sustentable del agua en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Estudios fronterizos*, 8(16), 9-41.
- Chacón, F. (2021). Electrocoagulación de aguas residuales en la industria láctea Ramírez-Anta-Compone.

- Chaple, E. B. (2019). Enfermedades hídricas: enfermedades transmitidas a través de las aguas: aspectos sanitarios del agua. Costa Rica: Tribunal Centroamericano del Agua.
- Chávez, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 35, 304-308.
- Comisión Nacional del Agua. (2020). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas Potabilizadoras de Tecnología Simplificada. Tlalpan, México.
- Condori, C. (2018). Contaminación de las aguas termales de la piscina con coliformes fecales y totales en el Barrio San Cristóbal Huancavelica 2016.
- Constitución del Ecuador. (2020). Asamblea Nacional Constituyente-Constitución Política de la República del Ecuador-Art.-313 y Art.-318. Quito: Asamblea Nacional Constituyente.
- Constitución Política de la República del Ecuador. (2019). Derecho al servicio público de agua potable en el Ecuador- Art.-42. Sección 4 De la Salud (págs. Capítulo III-Sección 4). Quito: Constitución Política de la República del Ecuador. Obtenido de <https://acortar.link/47vgcb>
- Cruz, A. (2018). Familias de agua subterránea y distribución de sólidos totales disueltos en el acuífero de La Paz Baja California Sur, México. Terra Latinoam.
- De La Cruz, Y. (2018). Efecto de la dosificación de lechada de cal en la remoción del manganeso del agua de mina de la UM Harón 2018.
- De Pelekais, C. (2020). Métodos cuantitativos y cualitativos: diferencias y tendencias. Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, 2(2), 347-352.
- Díaz, Y. (2019). Eficiencia de la aplicación de policloruro de aluminio en postratamiento de aguas industriales en palma de aceite. Temas agrarios, 24(2), 158-169.

- Digiuni, S. (2021). Centro universitario de estudios medioambientales. Determinación de alcalinidad total en agua.
- El Diario. (2016). Calceta obtiene el agua de pozos. Obtenido de <https://acortar.link/E7Vetw>
- El-Comercio. (2020). Ecuador inicia la construcción participativa del proyecto de Ley Orgánica de Recursos Hídricos. Obtenido de www.elcomercio.com
- Encalada, V. S. (2022). Estudio de la calidad de agua potable en barrios del sector la curva . Obtenido de Repositorio UTmanchala: <https://acortar.link/9IFXUW>
- EPM. (2017). Especificación técnica para el policloruro de aluminio para potabilización. Colombia: Centros de excelencia técnica unidad normalización y especificaciones.
- Fernández, S. (2020). Diseño de experimentos: Diseño factorial (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya)
- Fernández, H. (2020). Revisiones Sistemáticas Exploratorias como metodología para la síntesis del conocimiento científico. *Enfermería universitaria*, 17(1), 87-94.
- Fonseca, D. F. (2020). El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. *Cuba: Medio Ambiente Y Desarrollo*, 10(18).
- Galarza, C. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 9(3), 1-6.
- Gangemi, J. O. (2020). Diálogos de saberes en torno al agua, un recurso natural agotable. *Agromensajes Especial*, Páginas 25-28.
- García, B. (2020). Procedimiento para el análisis químico de la contaminación por nitritos y nitratos en aguas de consumo. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 190-195.
- Global Water Partnership. (2020). Agua: El gran reto en el 2021. *lagua*, 2-8.

- Godoy, P. (2020). Realización de una guía modular de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas de bajo costo para la región Occidente de Guatemala (Doctoral dissertation, Universidad del Valle de Guatemala).
- González, M. (2020). La entrevista y la encuesta: ¿ métodos o técnicas de indagación empírica?. *Didasc@lia: didáctica y educación* ISSN 2224-2643, 11(3), 62-79.
- Graciano, J. (2019). Uso, manejo y apropiación del agua en destinos turísticos. El caso del municipio de Los Cabos, Baja California Sur.
- Graus, M. (2018). Estadística aplicada a la investigación educativa. Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.
- Hernandez, U. (2021). Evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú, Colombia. Colombia: *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1).
- Herrera, T. (2018). Evaluación de la afectación de la calidad del agua en cuerpos de agua superficiales y subterráneos por efecto de la variabilidad y el cambio climático y su impacto en la biodiversidad, agricultura, salud, turismo e industria. México: Instituto Mexicano de Tecnología de Agua.
- ICA. (s.f.). Índice de Calidad de Agua. Bogotá-Colombia: IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- INEC. (2016). Manabí y su lucha eterna por el agua potable. Manabí.: BBKA.
- Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos. (2018). Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Manabí - Resumen Ejecutivo. EL Vistazo.
- Larramendi, E. (2021). Escasez y contaminación del agua, realidades del siglo XXI. In *AMBIMED 2021*.
- Lecca, E. (2019). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial data*, 17(1), 71-80.

- Ledezma, C. (2021). Sedimentabilidad de partículas floculentas en aguas con alto contenido de color y baja turbiedad, coaguladas con FeCl_3 + PAC versus PAC. *Tecnológicas*, 24(51), 32-42.
- Liberati, A. (2019). Encuentros. Diálogos de saberes en torno al agua, un recurso natural agotable. *GROMENSAJES especial* 25- 28, Pag. -25-28.
- López, E. (2018). Aireación eficiente segura y económica del agua en Colombia y en el mundo.
- López, S. (2020). *Fundamentos de Ingeniería ambiental y del agua..* Madrid: Dextra Editorial. <https://elibro.net/en/ereader/espam/148270?page=1>.
- Lorenzo, Y. (2017). Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 40(2), 10-17.
- Lozano, J. (2019). Recomendaciones Para Diseño Y Optimización De Plantas De Tratamiento De Agua Potable, Considerando Aspectos De Funcionalidad Y Durabilidad. *Prospectiva*, 17(2).
- Maldonado, V. (2019). Capítulo 9. Filtración. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/nueve.pdf>
- Marroquín, R. (2019). Metodología de la investigación. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/usmac2005/metodologa-de-la-investigacin-proyecto-de-grado-12506310>.
- Martínez, A. (2015). La prestación del servicio público de agua potable en el municipalismo ecuatoriano durante la " Revolución Ciudadana"(2007-2013).
- Martínez, E. (2018). Validación de un método para el análisis de color real en agua. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(1), 143-155.
- Mazari, M. (2018). *Calidad del agua para uso y consumo humano.* México: XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

- Mesa, F. (2021). Distribución mundial del agua. España: Las Palmas de Gran Canaria.
- Meza, M. (2019). Disturbios del estado ácido-básico en el paciente crítico. *Acta Médica Peruana*, 28(1), 46-55.
- Millán, G. (2021). Escasez y contaminación del agua, realidades del siglo XXI. 16 de abril, 60(279), 854.
- Miranda, J. (2016). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, No.5 1-10.
- Monge, S. A. (2019). Contaminación del agua-Afectación a la Salud Humana. Dirección de Servicio Fitosanitario del Estado. Ministerio de Agricultura: Agua y Ambiente. *Revista Informativa del Instituto Latinoamericano del Agua y el Ambiente*.
- Montoya, C. (2018). Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización. Colombia: *Revista EIA-Print version ISSN 1794-1237 On-line version ISSN 2463-0950*.
- Mora, C. (2018). Variaciones espacio-temporales y modelaje de la concentración de oxígeno disuelto en el lago de C.
- Morales, L. (2022). Rediseño del sistema de tratamiento de la planta de agua potable El Tambo del cantón Pelileo, para mejorar la remoción de fluoruros. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/18019>
- Muñoz, E. (2020). Efecto del entrenamiento aeróbico en el rendimiento académico de estudiantes de octavo básico. *EmásF: revista digital de educación física*, (62), 42-52.
- Norma Técnica Ecuatoriana-INEN. (2020). Agua para consumo humano. Requisitos. Ecuador: NTE INEN 1108.

- Norma Técnica Ecuatoriana-INEN. (2020). Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una adaptación de las Guías para la calidad del agua potable de la OMS, 4ta. Ed, 2011. Quito-Ecuador: INEN-1108.
- OMS. (2019). Guías para la calidad del agua potable. Volumen 2, criterios relativos a la salud y otra información base. Washington D.C: Organización Mundial de la Salud, Publicación Científica N° 506.
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). Crisis mundial de insuficiente abastecimiento de agua y de creciente demanda para satisfacer las necesidades humanas, comerciales y agrícolas. San Francisco: ONU.
- Organización de las Naciones Unidas. (2021). Agua Potable-El agua potable como recurso estratégico del siglo XXI. Ginebra: ONU.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda, 4a ed + 1a adenda. Ginebra.
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Contaminación del agua y riesgo ecológico y de salud. Policy Brief, 14-16.
- Organización Mundial de la Salud. (2022). Agua para consumo humano. Obtenido de <https://n9.cl/vg0pd>
- Organización Panamericana de la Salud. (2016). Guías para la calidad del agua potable. Volumen 2, criterios relativos a la salud y otra información base. Washington D.C: Organización Mundial de la Salud, Publicación Científica N° 506.
- Orruño, M. (2019). Como abordar y resolver aspectos prácticos de microbiología. Enumeración de microorganismos. Departamento Inmunología, Microbiología y Parasitología.

- Ortigosa, C. (2018). The professional experimental method in the teaching–learning process of General Chemistry for students of the Mechanical Engineering career.
- Ortiz, L. (2019). Prueba de jarras.
- Ortiz, M. (2019). Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí. Ecuador: UTE, vol. 10, núm. 3, pp. 30-41.
- Ortiz, T. (2021). Hidrogeles superabsorbentes basados en poliacrilamida para aplicación agrícola: estudio de hinchamiento. *Revista Cubana de Química*, 33(2), 46-68.
- Paredes, S. (2021). Agua potable en Ecuador: imprescindible para el desarrollo rural. BBVA, PP12-20. Obtenido de <https://acortar.link/YSKUPu>.
- Perea, L. (2017). Estadística descriptiva y probabilidad con Excel. Velp & Co.
- Pérez, E. (2010). Análisis factorial exploratorio: bases conceptuales y metodológicas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento (RACC)*, 2(1), 58-66.
- Piguave, J. (2019). Calidad microbiológica del agua subterránea como riesgo epidemiológico en la producción de enfermedad diarreica.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Obtenido de Objetivo: Agua Limpia y saneamiento.
- Ramírez, L. (2018). Demanda química de oxígeno de muestras acuosas. Obtenido de <https://acortar.link/0AVmW>
- Ramos, B. (2018). Capacidad floculante de coagulantes naturales en el tratamiento de agua. *Tecnología Química*, 38(2), 298-309.
- Ramos, D. S. (2016). Ingeniería Ambiental-Calidad de las aguas-Tema 11-Calidad del agua y su control. Coruña-España: Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad de La Coruña.

- Rendón, M. (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México*, 63(4), 397-407.
- Rivera, R. (2019). Evaluación de FeCl₃ y PAC para la potabilización de agua con alto contenido de color y baja turbiedad. Colombia: *Tecnológicas*, 22(45), 9–21.
- Rodríguez, M. (2018). Evaluación del proceso de coagulación y floculación para el diseño de una planta potabilizadora. Bogotá-Colombia: Umbral Científico.
- Romero, A. (2018). *Calidad de Agua*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, H. (2022). *Contaminación de Agua, Suelo y Aire*. España: Nature.
- Rossel, L. (2020). Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el tratamiento de agua potable. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(1), 68-77.
- Ruiz, N. S. (2018). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Colombia: Ingeniería e Investigación universidad Nacional de Colombia, vol. 27, no. 3, pp. 172-181.
- Salazar, J. (2020). Evaluación de la eficiencia técnica y económica de un sistema de recolección, tratamiento y reúso de aguas grises obtenidas del uso de la lavadora, para el conjunto multifamiliar Icaro, tipo vivienda de interés social prioritario (VIP). Usme, Bogotá.: Repositorio - Universidad Santo Tomás. doi:<https://doi.org/10.15332/dt.inv.2021.01845>
- Salgado, M. (2019). Consecuencias de la contaminación del agua. *Ciencias Ambientales y Recursos Naturales.*, Vol.2 No.5 1-10.
- Sierra, J. (2019). Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando médula de banano como coagulante. *Revista UIS Ingenierías*, 18(4), 131-138.
- Sigler, A. (2017). Alcalinidad, pH, y sólidos disueltos totales. Obtenido de Well Educated Educación en el Agua de Pozo: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS, 20, 2012-11.

- Solís, Y. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 35-46.
- Suárez, A. (2019). Tratamiento de Aguas. Tema: Coagulación-Floculación.
- Tejas, R. (2020). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, Vol.2 No.5 1-10.
- Toapanta, V. (2023). Calidad fisicoquímica del agua de la laguna Limpiopungo del parque nacional Cotopaxi – Ecuador. Ecuador-Latacunga: *Revista Sanitaria de Investigación*, ISSN-e 2660-7085, Vol. 4, Nº. 1.
- Tramullas, J. (2020). Temas y métodos de investigación en Ciencia de la Información, 2000-2019. Revisión bibliográfica. *Prof. inf.*, (Art-2020-120046).
- Trujillo, A. (2018). Validación de un método para el análisis de color real en agua. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(1), 143-155.
- TULSMA. (2016). Revisión del Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. Ecuador: Revisión y actualización de la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua.
- Valcarce, R. (2020). Vulnerabilidad intrínseca de las aguas subterráneas en la cuenca Almendares-Vento. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 41(2), 33-47.
- Valencia, T. (2020). Evaluación de la eficiencia del coagulante SuperFloc SD 2080 frente al cloruro férrico en procesos de clarificación de agua Evaluation of the efficiency of the Su.
- Vargas, L. (2019). Contaminación del recurso agua. Cartagena: ReVirtualAguas.
- Vidal, L. (2019). Calidad de agua de consumo humano en las comunidades balsa en medio, Julián y Severino de la microcuenca Carrizal, Ecuador. Ecuador: *Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográfica*, 21(42), 39-46.

- Vilela, E. (2015). Interdisciplinaridade e saúde: estudo bibliográfico. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 11.
- Villero, A. (2019). Eficiencia de la aplicación de policloruro de aluminio en post-tratamiento de aguas industriales en palma de aceite. *Temas agrarios*, 24(2), 158-169.
- Yanza, J. (2019). Evaluación de FeCl_3 y PAC para la potabilización de agua con alto contenido de color y baja turbiedad. Bogotá-Colombia: *TecnoLógicas*, vol. 22, no. 45

ANEXOS

ANEXO 1. TOMA DE COORDENADAS DE LOS FOCOS DE CONTAMINACIÓN Y PUNTO DE MUESTREO DEL RIO CARRIZAL.



1.A.- Zona agrícola del sector el Limón.



1.B.- Zona ganadera en los predios de la ESPAM MFL.



1.C.- Punto de georreferenciación de la zona agrícola del sector el Limón.



1.D.- Punto de georreferenciación de la zona ganadera del sector el Limón.



1.E.- Punto de georreferenciación para el análisis de agua del Rio Carrizal, sector el Limón.



1.F.- Punto de muestreo para el análisis de agua del Rio Carrizal, sector el Limón.

ANEXO 2. TOMA DE MUESTRAS Y CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LAS MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO CARRIZAL.



2.A.- Recolección de muestras de agua del río Carrizal.



2.B.- Colecta de muestra de agua del Río Carrizal en un balde de 12 litros.



2.C.- Recolección de muestra de agua del río Carrizal, como punto de control.



2.D.- Aplicación de tratamientos fisicoquímicos en la muestra de agua del Río Carrizal.



2.E.- Remoción de los tratamientos fisicoquímico de la muestra de agua del río Carrizal.



2.F.- Selección de las muestras de agua del río Carrizal con tratamientos y control.



2.G.- Análisis in situ de las muestras de agua del río Carrizal.



2.H.- Recolección de datos del análisis in situ de las muestras de agua del río Carrizal.

ANEXO 3. TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DEL RIO CARRIZAL CRUDA Y TRATADA EN LABORATORIO DE LA ESPAM MFL.



3.A.- Análisis de la muestra de agua del rio Carrizal.



3.B.- Muestras analizadas de control y del rio Carrizal.



3.C.- Etiquetado y muestreo de tratamientos fisicoquímicos analizados de agua del rio Carrizal.



3.D.- Analisis de las muestras de agua del rio Carrizal en Laboratorio de la ESPAM MFL, carrera de Agroindustria.



3.E.- Analisis de los distintos parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua del Rio Carrizal.



3.F.-Recoleccion de datos de los distintos parámetros analizados de las muestras de agua del Rio Carrizal.



3.C.- Etiquetado y muestreo de tratamientos fisicoquímicos analizados de agua del rio Carrizal.



3.C.- Etiquetado y muestreo de tratamientos fisicoquímicos analizados de agua del rio Carrizal.



3.C.- Etiquetado y muestreo de tratamientos fisicoquímicos analizados de agua del rio Carrizal.



3.G.-Resultado del parámetro de turbidez en el turbidímetro de la muestra de agua del rio Carrizal.



3.H.- Resultado del parámetro de turbidez en el turbidímetro de la muestra de agua del rio Carrizal.



3.I.- Resultado del parámetro de turbidez en el turbidímetro de la muestra de agua del rio Carrizal.

ANEXO 4. MUESTRAS OPTIMIZADAS PARA ANÁLISIS EN EL LABORATORIOS DE LA ESPAM-MFL Y LA UDLA.



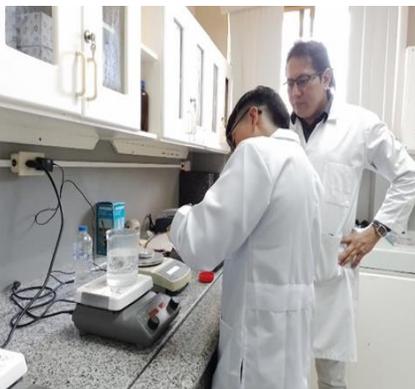
3.J.-Selección de las muestras de agua del Rio carrizal, para su posterior evaporación en la estufa.



3.K.-Resultado de solidos totales de las muestras de agua del rio Carrizal



3.L.- Resultado de solidos totales de las muestras de agua del rio Carrizal



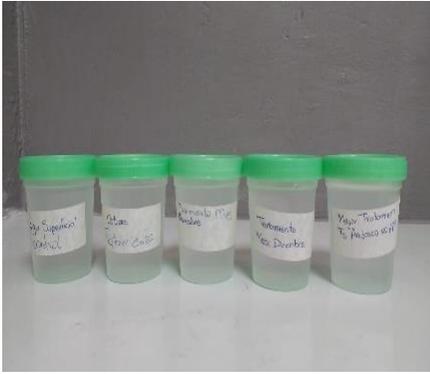
4.A.- Análisis de las muestras optimizadas, para su posterior envío a analizar.



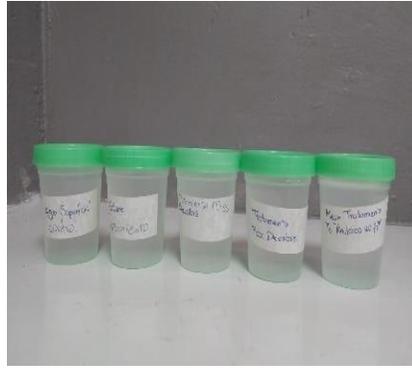
4.B.- Selección de la mejor muestra optimizada para su posterior análisis.



4.C.- Recolección de las muestras optimizadas para su posterior envío a la UDLA en Quito y la ESPAM carrera de Agrícola.



3.D.- Recolección de las muestras optimizadas para su posterior envío a la UDLA en Quito y la ESPAM carrera de Agrícola.



3.E.- Recolección de las muestras optimizadas para su posterior envío a la UDLA en Quito y la ESPAM carrera de Agrícola.



3.F.- Recolección de las muestras optimizadas para su posterior envío a la UDLA en Quito y la ESPAM carrera de Agrícola.

ANEXO 5. REALIZACION DE ENTREVISTA EN EL SECTOR EL LIMÓN.



5.A.- Entrevista al Sr. Encargado de la garita de la Biblioteca de la ESPAM MFL sobre la contaminación que se da al río Carrizal sector el Limón.



5.B.- Entrevista al dueño de los predios junto al río Carrizal, sector el Limón sobre la contaminación hacia el río y si utilizan el agua para sus necesidades básicas.

ANEXO 6. ENTREVISTA DIRIGIDA A LAS PERSONAS QUE HABITAN CERCA DEL RÍO CARRIZAL DEL SECTOR EL LIMÓN DE LA ESPAM-MFL.

ENTREVISTA

1. ¿Para qué utilizan el agua de río?

De acuerdo a la entrevista realizada a las personas que habitan o están cerca del río mencionaron que hacen uso del agua para riego o para el ganado, además el propietario de la vivienda que se encuentra cerca del río afirmó que no hace uso del agua de río, y prefiere utilizar agua de pozo.

2. ¿Cree que el agua del río Carrizal esta apta para consumo humano?

En base a lo entrevistado, se recopiló información de que esta agua no está apta para consumo humano debido a que de donde proviene el río se desconoce el tipo de material contaminante que venga arrastrando, además cerca de donde se realizó la toma de muestras del agua de río aseguran que se emiten fumigaciones a la plantación de banano que se encuentra a lado del Río Carrizal.

3. ¿Conoce que enfermedades se pueden generar por haber consumido agua contaminada?

Actualmente, el agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades cabe recalcar que se desconoce unas enfermedades de otras, así como el cólera, diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis.

4. ¿Poseen servicio de agua potable? ¿Y en caso de tener cree usted que el agua que llega hasta su hogar es totalmente potable?

En base a lo entrevistado, aseguraron que ciertas casas no cuentan con servicio de agua potable ya que prefieren dar uso a el agua de pozo, en cambio en referencia al ganado vacuno que se presencié cerca del río nos comentaba una

persona cerca al lugar que el agua de río se usa para dar de tomar al ganado, además de ser utilizada para riego.

5. ¿En la actualidad, la mayoría de los ríos han sido contaminados y la principal viene de la mano del ser humano, usted cree que nosotros como sociedad podemos hacer algo al respecto?

A medida que pasa el tiempo la contaminación en los diferentes ecosistemas ha aumentado incalculablemente, en algunos casos el ser humano se encuentra relacionado con la contaminación, ya que botan basura a los ríos, en las calles, en bosques, además no podemos dejar a un lado la tala indiscriminada de árboles, el uso de agroquímicos, entre otros más; como sociedad deberíamos educarnos más en la parte ambiental, y conocer los impactos ambientales tanto negativos como positivos para tratar de erradicar la contaminación presente en el medio ambiente.

6. ¿Piensa usted que las fumigaciones que se realizan en las plantaciones de banano afectan no solo a los ríos, sino que además se ve perjudicada la población que está cerca de estas plantaciones?

Al estar una plantación de banano cerca del río, las fumigaciones aéreas en dichas plantaciones van a ser siempre constantes esto con el fin de prevenir o eliminar la Sigatoka negra del banano, además causan daños en la salud de quienes habitan alrededor de las bananeras de este sector, no solo los habitantes se ven afectados sino que además el agua del río también se ve perjudicada, ya que al momento de fumigar con ayuda del viento se esparce dicho agroquímico (herbicida, pesticida, fungicida, entre otros) que afecta a todo a su alrededor.

7. La población hace uso del agua del río sin imaginar que se están haciendo daño a si mismo debido a que el río, debido a la contaminación que se vive presenta un sinnúmero de contaminantes, ¿Conoce cuáles son estos contaminantes que se encuentran en el agua?

Los principales contaminantes presentes en el agua son algunos como: bacterias, virus, parásitos, fertilizantes, pesticidas, fármacos, nitratos, fosfatos, plásticos,

desechos fecales y hasta sustancias radiactivas, esto da a entender que no necesariamente el agua debe estar sucia para que posea algún contaminante que pueda ser perjudicial para el ser humano, dejando como resultado agua contaminado que no siempre será visible algún tipo de contaminante dañino para los seres vivos.

ANEXO 7. RESULTADO DE ANÁLISIS REALIZADOS EN LAS MUESTRAS DE AGUA TOMADAS DEL RÍO CARRIZAL DEL SECTOR EL LIMÓN DE LA ESPAM-MFL (DICIEMBRE).



Universidad de Las Américas - Ingeniería Ambiental Reporte de resultados de análisis de muestras de agua Laboratorio de análisis de agua

Fecha de recepción de la muestra: 19/diciembre/2022

Fecha de análisis completo: 22/diciembre/2022

Responsable: Ing. Pavlova Sigcha Terán, M.Sc.

Muestra: Agua superficial tratada con floculante aniónico

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
pH	UpH	7,8
Temperatura	°C	10,2
Conductividad Eléctrica	µS/cm	489
Nitritos	mg/L NO ₂ ⁻	< 0,1
Nitratos	mg/L NO ₃ ⁻	< 2
DQO	mg/L O ₂	< 100

Muestra: Agua superficial tratada con floculante catiónico

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
pH	UpH	8,2
Temperatura	°C	10,9
Conductividad Eléctrica	µS/cm	283
Nitritos	mg/L NO ₂ ⁻	< 0,1
Nitratos	mg/L NO ₃ ⁻	< 2
DQO	mg/L O ₂	< 100

Muestra: Agua de río Carrizal

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
pH	UpH	7,8
Temperatura	°C	11,6
Conductividad Eléctrica	μS/cm	205
Nitritos	mg/L NO ₂ ⁻	< 0,1
Nitratos	mg/L NO ₃ ⁻	0,78
DQO	mg/L O ₂	< 100

Firma de responsabilidad:Firmado electrónicamente por:**VIVIANA PAVLOVA SIGCHA TERAN**

ANEXO 8. RESULTADO DE ANÁLISIS REALIZADOS EN LAS MUESTRAS DE AGUA TOMADAS DEL RÍO CARRIZAL DEL SECTOR EL LIMÓN DE LA ESPAM-MFL (NOVIEMBRE).



**Universidad de Las Américas - Ingeniería Ambiental
Reporte de resultados de análisis de muestras de agua
Laboratorio de análisis de agua**

Fecha de recepción de la muestra: 24/noviembre/2022

Fecha de análisis completo: 30/noviembre/2022

Responsable: Ing. Pavlova Sigcha Terán, M.Sc.

Muestra: Agua de río Carrizal

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	VALOR
pH	UpH	Potenciométrico	7,6
Temperatura	°C	Potenciométrico	10,2
Conductividad Eléctrica	μS/cm	Potenciométrico	195,4
Nitritos	mg/L NO_2	Fotométrico	< 0,1
Nitratos	mg/L NO_3	Fotométrico	< 0,3
DQO	mg/L O_2	Fotométrico	8

Muestra: Agua tratada con 60 ppm de producto químico

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	VALOR
pH	UpH	Potenciométrico	11,6
Temperatura	°C	Potenciométrico	10,3
Conductividad Eléctrica	μS/cm	Potenciométrico	629
Nitritos	mg/L NO ₂	Fotométrico	< 0,1
Nitratos	mg/L NO ₃	Fotométrico	< 0,3
DQO	mg/L O ₂	Fotométrico	9

Firma de responsabilidad:

Firmado electrónicamente por:

VIVIANA PAVLOVA SIGCHA TERAN