

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS VERTIENTES SHUSHURI, UBICADA EN LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO REQUISITO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR EN AGUA Y
SANEAMIENTO AMBIENTAL**

CESAR LEONARDO MUZO MUZO
cesar.muzo@epn.edu.ec

DIRECTOR: SANTIAGO STALIN GUERRA SALCEDO
santiago.guerra@epn.edu.ec

DMQ, febrero 2024

CERTIFICACIÓN

Yo, Cesar Leonardo Muzo Muzo declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi 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.

**CESAR LEONARDO
MUZO MUZO**

cesar.muzo@epn.edu.ec

Leonardomuzo@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Cesar Leonardo Muzo Muzo, bajo mi supervisión.

SANTIAGO GUERRA

DIRECTOR

Santiago.guerra@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Cesar Leonardo Muzo Muzo

DEDICATORIA

Dedico este logro a mis padres, César y María, quienes a pesar de todos los dolores de cabeza que les he causado, han brindado un incondicional apoyo a lo largo de mi carrera universitaria. Este logro es gracias a su constante respaldo, incluso en los momentos más difíciles, donde han sabido orientarme y cuidarme, así como también reprenderme cuando he perdido el rumbo.

También agradezco a mis hermanos, Mayra y Sebastián, quienes son una de las razones por las cuales no me rendí. Su constante apoyo y ayuda fueron fundamentales para lograrlo.

Asimismo, dedico este logro a mis primos, quienes siempre han estado dispuestos a escucharme y aconsejarme en cualquier desafío.

Finalmente, dedico este logro a mis amigos, quienes han sido una constante fuente de apoyo, ayuda y consejo a lo largo de esta carrera. Su amistad ha sido fundamental para alcanzar este logro que hoy celebro.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a quienes han sido parte fundamental de mi carrera universitaria. En primer lugar, dedico un inmenso agradecimiento a mis padres y hermanos, cuyo sólido apoyo ha sido mi guía constante en todo momento.

Quiero reconocer el invaluable apoyo de los ingenieros Santiago y Eduardo, en especial a Santiago, quien ha mostrado gran paciencia durante el proceso de titulación. Ambos ingenieros han sido una inspiración para mí y me han motivado a convertirme en un profesional ejemplar.

A mis mejores amigos Bryan, Edison, Jonathan y Katherine, quienes han sido pilares fundamentales en mi trayectoria universitaria. También quiero agradecer a Jennifer, Isabela y Kerly, quienes siempre han estado dispuestos a ayudarme en momentos críticos.

Quiero expresar mi gratitud hacia Pamela, quien en su momento fue una de las personas que más me apoyó y creyó en mí.

A todas las personas que formaron parte de mi experiencia universitaria, les agradezco profundamente por haber sido parte de mi vida, por las enseñanzas y experiencias compartidas que siempre llevaré en mi corazón.

A cada uno de ustedes, muchas gracias por haber sido parte de mi viaje académico, por contribuir a mi crecimiento personal y profesional. Su apoyo ha sido invaluable y ha dejado una huella imborrable en mi camino.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos	2
1.3. Alcance	2
1.4. Marco teórico	2
1.4.1. El agua	2
1.4.2. Fuentes de Agua	3
1.4.3. Usos del agua.....	3
1.4.4. Calidad del agua destinada a la acuicultura.....	3
1.4.5. Calidad del agua destinada para el uso recreativo.....	4
1.4.6. Introducción al muestreo	4
1.4.7. Criterios de Calidad	5
1.4.8. Caracterización del agua	5
1.4.9. Parámetros Físicos.....	5
1.4.10. Parámetros Químicos	6
1.4.11. Parámetros Microbiológicos	9
1.4.12. Método de medición del Caudal	9
1.4.13. Índice de calidad del agua (ICA).....	9
1.4.14. Titulación con ácido.....	9
1.4.15. Método de tratamiento.....	10
2. METODOLOGÍA.....	11
2.1.1. Descripción y ubicación de las vertientes Shushuri.....	11

2.2.	Plan de muestreo	13
2.3.	Análisis de los parámetros	14
2.3.1.	Aforo de Caudales.....	21
2.4.	Determinación del ICA	22
2.5.	Ajuste del pH con ácidos.....	23
2.6.	Determinación de la dosis óptima para la aplicación	24
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
3.1.	Caracterización de las Vertientes.....	25
3.1.1.	Análisis de los resultados referente al uso de acuicultura	25
3.1.2.	Análisis de los resultados para el uso recreativo del agua	31
3.2.	Análisis del ICA	33
3.3.	Propuesta de tratamiento	36
3.4.	Análisis Costo-Beneficio.....	42
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	44
4.1.	Conclusiones.....	44
4.2.	Recomendaciones:	45
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
6.	Anexos.....	49
	ANEXO I: Certificado de originalidad Turnitin	49
	Anexo II. Análisis Arsénico.....	52
	Anexo III. Determinación de los parámetros para determinar el ICA Global	53
	Anexo IV. Determinación de las concentraciones del HCl	53
	Anexo V. Dosificación Real.....	54
	Anexo VI. Determinación del Índice de calidad del Agua (ICA)	54
	Anexo VII. Cálculos Aireador	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de los resultados con la normativa Tabla 2 del Libro VI, Anexo 1, del Acuerdo Ministerial 097	25
Tabla 2. Análisis de los resultados de los parámetros no contemplados en Tabla 2 del Libro VI, Anexo 1, del Acuerdo Ministerial 097	27
Tabla 3. Comparación de los resultados con la Tabla 6 del Libro VI, Anexo 1, del Acuerdo Ministerial 097	31
Tabla 4. Resultados del índice de calidad del agua global (IF)	34
Tabla 5. Criterios Generales ICA uso de acuicultura.....	34
Tabla 6. Criterios Generales ICA uso recreativo	35
Tabla 7. Aforos de los caudales	36
Tabla 8. Parámetros para el aireador de escalones.....	36
Tabla 9. Línea dosificación de ácido	37
Tabla 10. Línea dosificación de ácido cítrico.....	38
Tabla 11. Datos del tratamiento	40
Tabla 12. Reactivo usado.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Satelital de las vertientes Shushurí	11
Figura 2. Vista Satelital del río San Alfonso	11
Figura 3. Vertiente 1	12
Figura 4. Vertiente 2.....	12
Figura 5. Vertiente 3.....	12
Figura 6. Vertiente 4.....	13
Figura 7. Medición con el Multiparámetros HPRIBA U-52.....	15
Figura 8. Proceso de Titulación Alcalinidad	16
Figura 9. Proceso de Titulación Ácidos	17
Figura 10. Pruebas Confirmativas Coliformes Fecales	18
Figura 11. Medición del caudal	22
Figura 12. Diagrama comparativo de barras Metales.....	26
Figura 13. Diagrama comparativo Alcalinidad.....	27
Figura 14. Diagrama comparativo Turbiedad	28
Figura 15. Diagrama comparativo Dureza.....	29
Figura 16. Diagrama comparativo Conductividad	29
Figura 17. Diagrama comparativo resultados obtenidos y límites permisibles	30
Figura 18. Diagrama comparativo Alcalinidad y Conductividad	33
Figura 19. Grafica Relación pH ácido clorhídrico	38
Figura 20. Grafica Relación pH ácido cítrico	39
Figura 22. Porcentaje de reducción con ácido cítrico.....	41
Figura 23. Reducción del volumen de la muestra madre en 3 meses	42
Figura 24. Volumen gastado diariamente durante 2 años.....	43

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se enfocó en examinar la calidad del agua de las vertientes Shushurí, ubicadas en la provincia de Tungurahua, específicamente en la ciudad de Pelileo. A través del análisis de parámetros físico-químicos y la determinación del caudal disponible, se llevaron a cabo actividades planificadas para evaluar los parámetros tanto en el lugar como en el laboratorio. El objetivo fue comparar los resultados con los criterios de calidad establecidos en el Acuerdo Ministerial 097, Anexo 1.

Estos datos proporcionaron la información necesaria para definir un único uso del agua; en este caso, se determinó su idoneidad para fines recreativos. Sin embargo, a pesar de que el agua mostró adecuación para este propósito, se identificaron parámetros que no cumplían con los estándares establecidos, como el arsénico. Como resultado, se propuso un plan de tratamiento del recurso hídrico para adaptarla y mantenerla en óptimas condiciones. Se optó por utilizar una titulación con ácido para reducir la concentración de la alcalinidad y mantener un pH constante. Además, se sugirió la implementación de un aireador de escaleras para disminuir la concentración del parámetro previamente mencionado y aumentar la saturación de oxígeno.

PALABRAS CLAVE: calidad, agua, parámetros.

ABSTRACT

The present thesis work focused on examining the water quality of the Shushurí springs, located in the Tungurahua province, specifically in the city of Pelileo. Through the analysis of physico-chemical parameters and the determination of available flow rate, planned activities were carried out to evaluate the parameters both on-site and in the laboratory. The objective was to compare the results with the quality criteria established in Ministerial Agreement 097, Annex 1.

These data provided the necessary information to define a single water use; in this case, its suitability for recreational purposes was determined. However, despite the water showing suitability for this purpose, parameters that did not meet the established standards, such as arsenic, were identified. As a result, a water treatment plan was proposed to adapt and maintain it in optimal conditions. Acid titration was chosen to reduce alkalinity concentration and maintain a constant pH. Additionally, the implementation of a stair aerator was suggested to decrease the concentration of the previously mentioned parameter and increase oxygen saturation.

KEYWORDS: quality, parameters, use, water

1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El agua es un recurso fundamental a nivel global y es esencial para la supervivencia humana. Su aplicación abarca desde el consumo diario y uso personal hasta actividades como riego y recreación. La conservación del recurso vital se convierte en una tarea crucial.

La contaminación de los ríos que cruzan o se originan en la comunidad de García Moreno se debe principalmente a las fábricas artesanales de jeans, las cuales carecen de un sistema de tratamiento de agua. Asimismo, el deterioro del medio ambiente resulta del uso de productos químicos en los cultivos, siendo estos la principal fuente de ingresos en la zona. (Lucero, 2023)

La actividad agrícola, ganadera y la selvicultura son las fuentes de ingreso de muchos de los habitantes de la comunidad con un 70,61%, mientras que un 5,19 % son por actividades comerciales, un 4,55 % se dedican a la explotación minera y el 4,49 % a la manufactura. (Lucero, 2023). La media de edad en la que los habitantes de la comunidad empiezan a ejercer es de 15 años. Con base en lo mencionado, se puede decir que la economía de esta comunidad se centra en el sector primario, abarcando la producción de alimentos, cultivos con ciclos cortos y la cría de ganado.

El presente proyecto se enfocó en la valoración de la calidad del fluido vital de los manantiales Shushuri, ubicada en los límites del sector de Sigualo con el sector de Sigualo Bajo, en la parroquia de García Moreno, en el cantón de Pelileo, provincia de Tungurahua.

Los manantiales de Shushuri emergen a lo largo de una orilla del río San Alfonso, el cual lamentablemente está contaminado. Estos manantiales consisten en cuatro corrientes principales que se ramifican en varias más pequeñas. La falta de un plan para utilizar este recurso hídrico resulta en una mezcla entre el agua de los manantiales y la del río, lo que provoca una pérdida innecesaria.

Se tomaron muestras del elemento acuoso, en estado crudo y se realizaron mediciones de los parámetros clave, incluyendo el pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto y turbidez. Además, se llevaron a cabo análisis de laboratorio para evaluar aspectos como acidez, alcalinidad, demanda química de oxígeno (DQO), dureza total, fosfatos, manganeso, nitritos, nitratos y presencia de coliformes fecales. Con base en estos análisis, se diseñó un sistema de tratamiento del agua para garantizar condiciones óptimas, para un solo uso, ya sea recreativo o para la acuicultura. Así también, generar una nueva forma de ingreso de recursos y empleos.

1.1. Objetivo general

Evaluar la calidad de agua de la vertiente Shushurí ubicadas en la provincia de Tungurahua.

1.2. Objetivos específicos

Determinar los parámetros de caracterización y las condiciones de muestreo del agua de cada una de las fuentes

1. • Realizar la determinación de la calidad de esta agua a través del cálculo del ICA
2. • Determinar si el agua de la fuente Shushurí es apta para su uso recreativo y de pesca deportiva.

1.3. Alcance

La ejecución del proyecto de titulación ocurrió en la fuente de agua Shushuri, ubicada en el municipio de Pelileo, en la provincia de Tungurahua. Se centró en la evaluación de la calidad del agua y en la formulación de una propuesta de tratamiento para la actividad recreativa.

1.4. Marco teórico

1.4.1. El agua

Formada por la combinación de dos partículas de hidrógeno junto con una de oxígeno, emerge como un recurso natural crucial para la vida de todos los seres, representando aproximadamente el 70 % del peso corporal de un ser humano. Su preservación y conservación son imperativas, dado su papel vital. No obstante, no todas las regiones del mundo disfrutan de acceso a este elemento esencial, ya que se estima que alrededor de dos mil millones de personas residen en áreas donde la escasez de agua se manifiesta como un problema de gran relevancia. (UNESCO, 2021.)

Su gran demanda se debe a sus múltiples usos; se estima que el 69 % del suministro mundial del líquido vital se destina a la agricultura, incluyendo en este grupo la ganadería y la acuicultura, y el 19 % a todo lo que tiene que ver con fábricas incluidas las de generación de energía y electricidad. (UNESCO, 2021)

1.4.2. Fuentes de Agua

Existen diversas fuentes, ya sea en forma superficial como ríos y lagos, o subterráneas que se manifiestan a través de ojos de agua o vertientes. Todas están interconectadas gracias al ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico o ciclo del agua constituye un proceso de circulación continuo que abarca diversos comportamientos en la hidrosfera. Se categoriza como un recurso renovable, ya que el elemento acuoso experimenta un constante reciclaje y renovación. (Alberto, C. 2021, pag 48)

- **Agua subterránea**

Esta fuente hídrica se usa para consumo, propósitos municipales, agricultura, y necesidades industriales por su escasa probabilidad de contaminación, reconocida como fuente confiable y natural de líquido vital potable. En general, este tipo de cuerpo líquido suele contener elevadas concentraciones de minerales disueltos que influyen en su composición química. (Kanchana et al., 2023)

1.4.3. Usos del agua

Calidad del agua

La valoración de la calidad hídrica es esencial en cualquier vertiente en estado natural, pues permite identificar la presencia de contaminantes que no son perceptibles a simple vista. Según lo indicado por Albert C. (2021, pág. 47), se puede evaluar de dos maneras: en primer lugar, mediante la medición de variables físicas como turbidez y sólidos suspendidos, químicas como el pH o la alcalinidad, y biológicas como la DBO. La segunda opción implica el uso de índices específicos que determinan el grado de la pureza del agua.

Marcadores de la calidad de agua

Los indicadores o parámetros son herramientas fundamentales para evaluar y medir el estado de un cuerpo de agua en términos de pureza, salubridad y aptitud para diversos usos. Están estandarizados según la normativa ecuatoriana usada para evaluar la calidad del agua, establecida en el Acuerdo Ministerial 097, Libro VI, Anexo 1.

1.4.4. Calidad del agua destinada a la acuicultura.

El crecimiento adecuado de los peces depende significativamente de la condición en que se encuentre el cuerpo líquido, por lo cual es fundamental preservar a las condiciones

fisicoquímicas del agua dentro de los límites establecidos para la especie que se desea cultivar. (Trujillo, A y Carranza, M, 2022)

El líquido destinado a la agricultura debe mantener parámetros que aseguren la vida natural en los ecosistemas asociados, en donde, se debe buscar la mínima alteración en la reproducción, supervivencia, crecimiento y la extracción.

Los criterios se encuentran establecidos en la tabla 2 del Acuerdo Ministerial 097, Libro VI, Anexo 1.

1.4.5. Calidad del agua destinada para el uso recreativo

En la calidad de agua para fines recreativo se dividen en dos; de contacto primario que establece en la natación y el buceo mientras que el contacto secundario habilita los deportes náuticos.

Estas pautas se detallan en la Tabla 6 y Tabla 7 del Libro VI, Anexo 1, del Acuerdo Ministerial 097.

1.4.6. Introducción al muestreo

Fundamentalmente, son las directrices o aspectos a tener en cuenta al recolectar una muestra de una fuente de agua, ya sea la ubicación del muestreo o la clase de muestra, con el fin de garantizar su representatividad. Además, considera la correcta manipulación, preservación y el transporte de la misma.

Según la normativa ecuatoriana NTE INEN 2176 Agua, calidad del agua, muestreo, técnicas del muestreo primera edición (2013), considera una muestra aceptable si cumplen las siguientes características;

- Ser representativa, esto debe estar de acorde al objetivo del muestreo.
- La cantidad de la muestra debe ser adecuada para realizar todos los análisis en el laboratorio.
- La manipulación y su preservación deben asegurar las características originales para el análisis en el laboratorio.
- Que se encuentre correctamente identificada, esto debe contemplar el lugar, hora, fechas, preservaciones y las condiciones.

Formas de toma de muestras

Son métodos importantes para analizar las características hídricas, los cuales varían según las propiedades específicas de la fuente. Esto, tiene el fin de garantizar una correcta

determinación de los parámetros como por ejemplo la concentración de material inorgánicos, químicos, el material orgánico disuelto, etc. (NTE INEN 2176, 2013, pag 3)

Muestra Puntual

Las muestras puntuales son aquellas que se realizan de forma individual, recogidas de forma automática o manual. Este método se utiliza principalmente en aguas superficiales, a una profundidad específica y en el lecho acuático. (NTE INEN 2176, 2013, pag 3)

Conservación y traslado de la muestra

Son acciones que se deben realizar para no alterar la propiedades fisicoquímicas y biológicas de la muestra. Estas acciones pueden variar significativamente, ya que dependen del lugar, el tipo de cuerpo líquido y sus propiedades físicas.

Para asegurar que una muestra conserve sus características originales, se deben seguir las siguientes acciones: utilizar recipientes adecuados, llenarlos correctamente, aplicar preservantes si es requerido, identificarla debidamente, transportar las muestras y refrigerar o conservar la muestras según sea necesario en el laboratorio. (NTE INEN 2169, 2013, pag 4 al 8)

1.4.7. Criterios de Calidad

Son estándares establecidos por regulaciones que determinan la cantidad aceptable de un elemento o sustancia, con el propósito de preservar un objetivo de interés según el tipo de utilización del agua. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, 2015).

1.4.8. Caracterización del agua

Se basa en múltiples ensayos In Situ o en el laboratorio para obtener las características propias de las reservas hídricas.

Según el autor de este trabajo de integración curricular, los parámetros químicos mencionados a continuación son los que suelen encontrarse en gran cantidad en las aguas subterráneas.

1.4.9. Parámetros Físicos

Estos parámetros tienen un impacto directo en las condiciones físicas del cuerpo líquido.

Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes, ya que tiene una influencia directa en la viscosidad y las velocidades de las reacciones químicas. Además, es importante para el

diseño y los procesos unitarios de las plantas de tratamiento del agua. (Alberto, C. 2021, pag 55)

Conductividad eléctrica del agua

Es la habilidad de un cuerpo líquido para conducir corrientes eléctricas u ondas, siendo este fenómeno causado por la presencia de sales disueltas, pues cuantifica la presencia de iones de calcio, magnesio, sodio, cloruros y sulfatos en el agua. Su unidad de medida se expresa en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). (Alberto, C. 2021, pag 55)

Turbidez

La turbidez se refiere al evento en el que partículas suspendidas en el fluido vital obstruyen la transmisión de la luz; esto puede originarse debido a la erosión natural de las cuencas, las emisiones industriales o la presencia de desechos comunes. La misma influye directamente en la estética del agua. (Alberto, C. 2021, pag 60)

1.4.10. Parámetros Químicos

Se podría describir que estos parámetros abarcan todas las características vinculadas con la composición química del agua.

Acidez

Es la capacidad cuantitativa de una solución acuosa capaz de reaccionar con iones hidroxilos. La presencia de acidez es provocada por la presencia de CO_2 u otro ácido más fuerte. La absorción del CO_2 en el agua es común en todas las aguas superficiales por el contacto directo con la superficie atmosférica. (Antonio Cedeño-Muñoz, 2020)

Alcalinidad

Conocida como la capacidad para neutralizar los ácidos, es la cantidad de ácido necesaria para realizar un cambio en el pH. Además, expresa la relación entre los iones de carbonato con los iones de bicarbonato. La presencia de una alcalinidad alta se debe a la presencia de ácidos débiles o bases fuertes como la sosa caustica. (Alberto, C. 2021, pag 61)

Aluminio

Abundante en el planeta; su disolución en grandes cantidades es conocido como una causa de enfermedades en la población y los daños producidos en el ambiente. Su símbolo es Al, con una masa atómica de 26.981 u, punto de fusión de 660°C y una densidad relativa de 2,7 kg/m^3 (Ormaza, 2022). El aluminio se encuentra naturalmente en cuerpos líquidos,

superficiales o subterráneos, por su abundancia en formaciones arcillosas. Este elemento puede ser susceptible a la disolución, influenciando a la concentración de solutos iónicos en los cuerpos de agua. (Ormaza, 2022)

Arsénico

Se lo suele encontrar en alta cantidad por la contaminación industrial agropecuaria. Es un metal pesado altamente tóxico. Su principal vía de exposición hacia el cuerpo humano es al ingerir los alimentos contaminados por los pesticidas produciendo efectos negativos como enfermedades relacionadas con el metabolismo. (Vázquez, 2023)

Su presencia también puede ser de manera natural, ya que en Latinoamérica se ha reportado altos niveles de arsénico, el cual es liberado por la presencia de fuentes geogénicas como minerales metálicos y fluidos geotermales ricos en arsénico. (Bundschuh, 2020)

Cobre

El cobre es un metal pesado que se encuentra naturalmente en el grupo de los oligoelementos o micronutrientes. Estos elementos son necesarios en cantidades mínimas para permitir que los organismos completen su ciclo de vida. La carencia de estos micronutrientes puede ocasionar enfermedades, mientras que un exceso de ellos puede provocar intoxicaciones. (Juan & Flores Cerna, 2019.)

Dureza

Este parámetro mide la concentración de sales disueltas como el magnesio y el calcio en el líquido vital. Su aumento se produce debido a la interacción de estas sales con los componentes químicos de los jabones o detergentes domésticos. Los altos valores de concentración ocasionan incrustaciones, corrosión en las tuberías y en los equipos metálicos, volviéndolo uno de los parámetros fundamentales a considerar en la elaboración de una planta de tratamiento. (Alberto, C. 2021, pag 84). Su composición se origina por la acumulación de sales de calcio y magnesio, que se encuentran disueltas en el recurso hídrico que provienen de la interacción con rocas y minerales. (Alberto, C. 2021, pag 84)

Hierro y Manganeseo

Son notables por ser metales naturales que siempre coexisten. En las aguas subterráneas, las concentraciones elevadas de estos elementos surgen debido al contacto con diversos minerales que contienen dichas sustancias. Importantes en los procesos de tratamiento de agua ya que en altas concentraciones corroen y obstruyen las tuberías. Se considera una alta concentración cuando son mayores a 0,3 mg/L. (Alberto, C. 2021, pag 70)

Nitritos

Es la composición soluble que procede del nitrógeno. Difícilmente se los encuentra en las aguas subterráneas, debido a que sufre un cambio rápido a su siguiente fase que son los nitratos. En gran cantidad puede indicar una contaminación reciente de residuos orgánicos y son muy comunes en las aguas domésticas. (Londoño Pereira & Gómez Ramírez, 2021)

Nitratos

Son iones que se encuentran formados por un átomo de hidrógeno y tres de oxígeno, están presentes en toda la corteza terrestre disueltos por lo general en el elemento acuoso. Su exceso puede ocasionar un gran crecimiento de plantas como las algas. (Londoño Pereira & Gómez Ramírez, 2021)

Nitrógeno Amónico

Es una solución acuosa formada por un átomo de nitrógeno y cuatro átomos de hidrógeno, también nombrado como amoníaco (NH_3), su cantidad se encuentra en función del pH de la solución. Es muy común en los cuerpos líquidos, tanto superficiales como subterráneos. (Marcara 2019, 2021)

Fosfatos

Presente de forma mineral en el elemento acuoso, el fósforo se presenta en forma inorgánica debido al ciclo ambiental del mismo. Se manifiesta tanto en fragmentos sueltos como en los microorganismos que habitan en el agua. (Alberto, C. 2021, pag 73)

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Este análisis se utiliza para cuantificar la presencia de materia orgánica en el agua y se distingue de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) porque emplea una sustancia química para determinar fuentes de materia orgánica en contextos naturales. Uno de los químicos más comunes y efectivos para este propósito es el dicromato de potasio. (Alberto, C. 2021, pag 77)

Potencial de Hidrógeno (pH)

Fundamentalmente, se trata de las concentraciones de iones de hidrógeno presentes en una solución acuosa, lo que permite determinar el porcentaje y el grado de acidez o alcalinidad. Al ser un parámetro esencial, cuenta con un método de escala propio en el cual, a través de colores, se indica de manera precisa el valor correspondiente. La escala neutra se sitúa en el valor 7, con la escala ácida en 1 y la básica en 14. (H. Payano, 2023)

1.4.11. Parámetros Microbiológicos

Coliformes Fecales

Esta es una forma de evaluar de manera indirecta el riesgo potencial asociado con la contaminación de bacterias y patógenos, ya que estos últimos siempre están presentes en las coliformes fecales. Los patógenos son organismos termotolerantes capaces de resistir temperaturas de hasta 45 °C. (Alberto, C. 2021, pag 83)

1.4.12. Método de medición del Caudal

Método del balde aforado

Es un método útil para obtener mediciones rápidas y aproximadas del caudal. Para este método es necesario un balde aforado, ya que el análisis consiste en evaluar el tiempo que transcurre en llenarse. Para determinar el valor del caudal se debe dividir el volumen del balde para el tiempo de llenado. (Gualpa, M., Célleri, R. y Crespo, P, 2022)

1.4.13. Índice de calidad del agua (ICA)

Es la forma de determinar el uso que tendrá el recurso hídrico que se necesita evaluar. Todo depende de su aplicación, ya sea para riego, consumo humano, transporte, crianza de peces o la mantención del ecosistema. Los cuales deben ser evaluados de forma diferente por las características propias de cada manejo del agua. (Alberto, C. 2021, pag 149)

Además, se la reconoce como una herramienta multifuncional esencial en procesos que requieren una resolución, tales como en la formulación de políticas públicas, acciones de producción y en las auditorías de impactos ambientales. (García-González et al., 2021)

La elección del uso del recurso hídrico se determina al analizar la forma que mejor se ajuste a los límites máximos permitidos, según lo establecido en la normativa "Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico" del Libro VI del Acuerdo Ministerial 097.

1.4.14. Titulación con ácido

Esta técnica experimental, tiene como objetivo reducir la variabilidad y el error al encontrar el punto de equivalencia entre la adición de un ácido y una base. Este proceso se valida mediante la comparación de parámetros fisicoquímicos, como el pH, que están vinculados a las propiedades de los líquidos. (Mez Alvarez, 2022)

1.4.15. Método de tratamiento

Consideración del uso del ácido para el tratamiento de agua.

La adición de ácido en el cuerpo de agua tiene como objetivo principal controlar y mantener los niveles de pH y alcalinidad en el agua.

El ácido muriático, también conocido como ácido clorhídrico, es una sustancia fuerte y corrosiva ampliamente utilizada en la industria y aplicaciones domésticas con diversos propósitos. Su uso común incluye la limpieza de baños y piscinas, donde elimina depósitos minerales y residuos. Es crucial manejar este ácido con extrema precaución. (García, 2023)

Por otro lado, el ácido cítrico es un compuesto natural presente en frutas cítricas, que contribuye a reducir la toxicidad y alcalinidad en las propiedades fisicoquímicas del líquido vital. (Yujira, 2022). Esta característica lo hace ideal, ya que, al ser un ácido débil, ayuda a mitigar el impacto en el crecimiento de la trucha, contribuyendo así a preservar la vida acuática.

2. METODOLOGÍA

2.1.1. Descripción y ubicación de las vertientes Shushuri

Los cuerpos de agua se encuentran ubicados en la provincia de Tungurahua, en el cantón de Pelileo, asentados en la comunidad de García Moreno, sector de Sigualo, en una quebrada que limita los pueblos de Sigualo y Sigualo Bajo.



Figura 1. Ubicación Satelital de las vertientes Shushurí

Cerca de los cuerpos de agua se encuentra un río de nombre San Alfonso que tiene origen a unos pocos kilómetros al noroeste, actualmente el río nace por la conducción de aguas servidas o usadas, por las comunidades aledañas.



Figura 2. Vista Satelital del río San Alfonso

Para llegar a las vertientes desde la calle asfaltada, se debe recorrer un sendero de alrededor de 300 m de longitud, luego de lo cual se encontrarán las 4 vertientes que son:

Vertiente 1: Una vertiente que tiene varias ramificaciones de agua, algunas muy pequeñas y otras grandes, es la vertiente con más abundancia de agua.



Figura 3. Vertiente 1

Vertiente 2: Esta vertiente se encuentra cubierta por la maleza de la zona, sin embargo, posee una cantidad significativa del caudal.

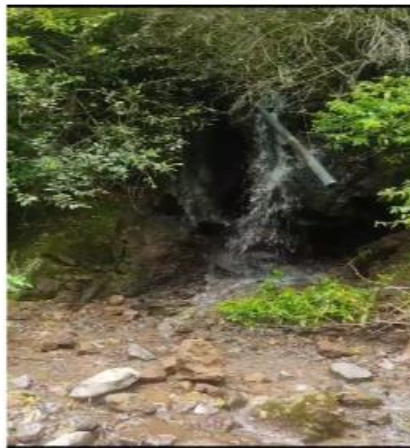


Figura 4. Vertiente 2

Vertiente 3: Esta vertiente tiene varias ramificaciones, pero no una gran cantidad de caudal



Figura 5. Vertiente 3

Vertiente 4: Esta vertiente tiene dos ramificaciones principales y es la más alejada de todas las vertientes.



Figura 6. Vertiente 4

Las salidas de las vertientes se sitúan a una altura media aproximada de 3 metros desde la base de la quebrada o el punto de muestreo realizado. Las cuatro vertientes se encuentran rodeadas por una frondosa vegetación, ya sea en forma de árboles o plantas cercanas a ellas.

Coordenadas

Ubicadas en las coordenadas 1°18'08"S 78°32'09"W 2.481 m.

2.2. Plan de muestreo

El plan de muestreo se desarrolló con el propósito de minimizar las pérdidas de tiempo y material durante las actividades de campo, al establecer procedimientos que aseguren la obtención de muestras representativas y la maximización de la eficiencia en la recolección y análisis de datos. Durante este proceso, se llevó a cabo una planificación exhaustiva de las mediciones de los parámetros que pueden ser evaluados en el lugar de muestreo, así como la determinación precisa de la cantidad de muestra necesaria para los análisis de laboratorio. Además, se consideraron detalladamente los materiales requeridos y se estableció un método riguroso para la conservación de las muestras.

- Parámetros a analizar

Se consideraron principalmente los parámetros que están definidos en la normativa ecuatoriana establecida en el Acuerdo Ministerial 095, Libro V. Además, se tuvieron en cuenta

aquellos parámetros que tienden a encontrarse en altas concentraciones de forma natural en cuerpos de líquido subterráneo.

- Antes de la salida a campo

Se elaboró una lista de verificación que incluyó los elementos necesarios para el muestreo, tales como el multiparámetro, las pilas, los ácidos requeridos para la conservación de las muestras y la elaboración de etiquetas, entre otros.

- Salida al campo

En el terreno, se recolectaron las muestras utilizando frascos de vidrio ámbar. Cada frasco se llenó por completo con el líquido de cada vertiente, y posteriormente se aplicó la etiqueta respectiva. Después de completar la recolección de muestras, se añadió el ácido necesario hasta alcanzar un pH de 4 en cada muestra destinada al análisis de metales y la demanda química de oxígeno (DQO). Para el análisis del indicador biológico, se utilizó un frasco estéril.

- En el laboratorio

Una vez llegado al laboratorio se colocó las muestras dentro del refrigerador para su conservación y su posterior análisis.

2.3. Análisis de los parámetros

Todos los análisis de las propiedades físicoquímicas del agua fueron realizados en los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), en el Laboratorio de la Escuela de formación de Tecnólogos (ESFOT), en el laboratorio Docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental (LDIA), además algunos parámetros fueron realizados *in situ*.

Los procesos descritos a continuación fueron realizados en las 4 vertientes.

Parámetros *in situ*

- Potencial Hidrogeno, Temperatura, Conductividad y Oxígeno disuelto

La determinación de estos parámetros se los realizó con la asistencia de un multiparámetro HORIBA U-52 portátil. En primer lugar, se colocaron las 4 baterías, luego se presionó el botón POWER , se enjuagaron los sensores del multiparámetro y se los secó con una toalla de papel. A continuación, se recogió agua de una de las vertientes en una jarra, y la sonda del multiparámetro se sumergió en ella. Se aguardó unos minutos para estabilizar los valores y, finalmente, se registró los resultados obtenidos.



Figura 7. Medición con el Multiparámetros HPRIBA U-52

- Turbiedad

El análisis de este parámetro se realizó a través del turbidímetro. Primero se enjuagó la jarra con el cuerpo de agua tres veces, luego con la jarra se recolectó la muestra, a continuación, se colocaron aproximadamente 10 mL del líquido vital en una de las celdas. Para preparar el blanco, se agregaron 10 mililitros de agua desionizada en una celda, que posteriormente se introdujo en el turbidímetro para calibrar el dispositivo de medición. A continuación, se insertó la celda que contiene la muestra de la vertiente, luego se realizó la medición y se anotaron los valores obtenidos.

Parámetros realizados en el laboratorio

- Alcalinidad

Para este análisis se utilizó el método por titulación, donde fue necesario el uso de buretas de 50 mL. A continuación, se midió el pH.

Si el valor de pH excede el límite de 8,3, significa la existencia de alcalinidad por fenolftaleína; en cambio, si el pH es menor a 8,3, se reconocerá una alcalinidad total.

Se preparó una disolución de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a partir de una disolución madre de concentración 2 N al 98% de pureza. Dando como resultado una concentración de 0.02. Para este cálculo se utilizó la ecuación 1.

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

Ecuación 1. Preparación de una dilución

Donde

C1= concentración solución madre

V1= Volumen a tomar de la solución madre

C2= Concentración diluida

V2= Volumen de la solución diluida

Dado que el pH es inferior a 8,3, se incorporaron 2 gotas de indicador de naranja de metilo a un matraz Erlenmeyer que contenía 100 mL de la muestra, resultando en un cambio de color de la muestra a tonalidades amarillas, a continuación, se colocaron 50 mL de ácido sulfúrico a 0.02 N dentro de la bureta para comenzar la titulación. Se comenzó a agregar el titulante a la muestra provocando que el color amarillo vire a un color suave naranja. Finalmente se anotó el volumen gastado.

Se empleó la siguiente ecuación para determinar la alcalinidad.

$$\frac{B \times N \times 50000}{V_{muestra}} \frac{mg}{l} CaCO_3$$

Ecuación 2. Alcalinidad total

Donde:

B= Volumen gastado de Ácido Sulfúrico hasta el punto de viraje de color de la muestra (mL)

N = Normalidad del ácido estándar

V = Volumen de la muestra (Agente Titulado)

50000 = Constante



Figura 8. Proceso de Titulación Alcalinidad

- Acidez

Primero se preparó el material necesario para el análisis que incluyó una bureta, un matraz Erlenmeyer, el indicador de fenolftaleína y sosa caustica (NaOH) a una concentración de 0.02 N.

En primer lugar, se introdujeron 100 mL de la muestra en un matraz Erlenmeyer, seguido por la adición de 4 gotas de fenolftaleína. Luego se agregaron 50 mL de sosa caustica a la bureta para comenzar con la titulación, en donde con la ayuda de la bureta se vertió el agente titulante a la muestra hasta que exista un cambio de color, cambió a un color ligero rosado. Finalmente, se anotó el volumen gastado.

A continuación, se presenta la fórmula para el cálculo de la acidez.

$$\frac{A \times N \times 50000}{V_{muestra}} \frac{mg}{l}$$

Ecuación 3. Determinación de la Acidez

Donde:

A = Volumen de la sosa caustica gastado

N = Normalidad de la sosa caustica

V = Volumen de la muestra usada

50000 = Constante

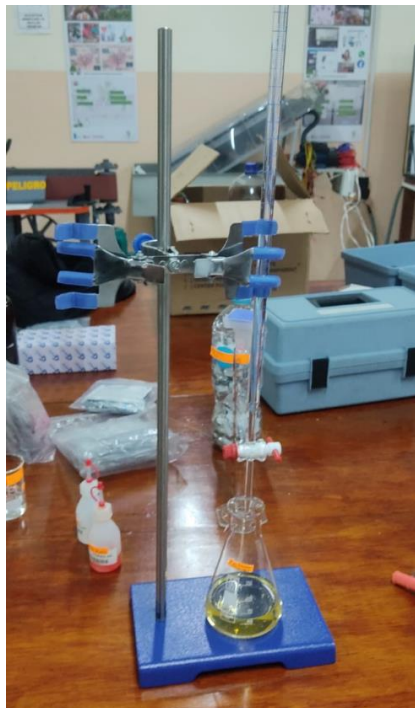


Figura 9. Proceso de Titulación Ácidos

- **Arsénico**

La determinación del arsénico se realizó mediante análisis por absorción atómica en el laboratorio del CICAM. El documento con los resultados obtenidos se encuentra en el Anexo II.

- **Coliformes Fecales**

Para realizar el análisis de esta muestra, se empleó el método de los tubos múltiples que daban resultado en Número Más Probable (NMP). Entre los reactivos necesarios se encuentran el caldo de cultivo o caldo lactosado.

Para realizar la evaluación preliminar, se elaboró la solución de cultivo mediante la disolución de 13 gramos de caldo lactosado en un volumen de un litro de agua purificada, Mediante un agitador magnético, se mantuvo en agitación hasta su completa disolución. Luego se llenaron los tubos de ensayo de 25 mL con 5 mL del caldo, que se esterilizaron en el autoclave durante unos 15 minutos.

Al inicio del cultivo, se añadió 1 mL de la muestra en los tubos con el caldo, antes ya incorporados los tubos Durham. Posteriormente, se sellaron con un tapón y se colocaron en el autoclave durante aproximadamente un día. Tras el periodo de espera, se analizó la presencia o ausencia de burbujas en el tubo Durham.

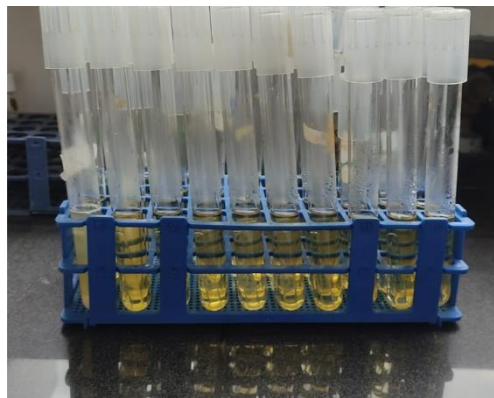


Figura10. Pruebas Confirmativas Coliformes Fecales

- **Aluminio**

En el análisis de este parámetro, se inició con la preparación de la muestra, para lo cual se agregaron 50 mL de agua en el cilindro mezclador, seguido de la adición de Ácido Ascórbico en polvo. Tras un reposo de un minuto, se tapó el cilindro mezclador y se agitó invirtiéndolo repetidamente hasta lograr una completa homogeneización, donde se observó un cambio de color a naranja; si el color resultaba muy rojizo, indicaba una elevada concentración de

aluminio. Para el blanco se vertió 10 mL de la muestra ya acondicionada en un cilindro mezclador. Posteriormente, se añadió el reactivo Bleaching 3 Reagent Powder y, tras un periodo de 30 segundos, se agitó circularmente hasta que el reactivo se disolviera por completo. Acto seguido, se dejó reposar el cilindro durante 15 minutos.

Para la medición, se configuró el programa del espectrofotómetro en 10 *Aluminum Alumin*. Luego, utilizando una pipeta graduada, se trasladó 10 mL del blanco a una celda para introducirla posteriormente en el espectrofotómetro y calibrarlo. Después, se tomaron 10 mL del cilindro que contenía la muestra y se añadió a otra celda para llevar a cabo la medición. Finalmente, se registraron los resultados obtenidos.

- **Cobre**

Durante el análisis, se utilizaron dos unidades de medida. Para establecer el control, se añadieron 10 mL de la solución en una celda. Para el análisis de la muestra se agregaron 10 mL del líquido en otra celda usando una pipeta, luego se añadió el reactivo Cuver1 en la celda, se agitó suavemente y se dejó en reposo durante un lapso de 2 minutos. A continuación, se configuró al espectrofotómetro con el programa 135 Copper Bicin, luego se insertó la celda que contiene al blanco para encerrar, seguido de esto se añadió la celda de la muestra. Finalmente se registraron los resultados.

- **Demanda Química de Oxígeno**

Ya que la vertiente es agua cruda se optó por usar los viales de bajo rango (0- 150 mg/L), ya que el agua no presenta un alto índice de contaminación.

El análisis inició al activar el biodigestor hasta alcanzar una temperatura de 150 °C, proceso que duró aproximadamente 45 minutos. Luego, se llevó a cabo la preparación del blanco, consistente en colocar 2 mL de agua destilada en un vial. Para la muestra, se emplearon 2 mL del agua cruda utilizando una pipeta. Posteriormente, se agitaron los 2 viales con movimientos circulares de la muñeca, se destaparon cuidadosamente para permitir la liberación de los gases generados por la interacción de los reactivos con la muestra.

Acto seguido, tanto el vial con la muestra como aquel del blanco se introdujeron en el digestor durante 2 horas. Al finalizar este intervalo, se extrajeron los tubos y se dispusieron en una rejilla para su enfriamiento, que tomó alrededor de 15 a 20 minutos. Finalmente, se procedió con la medición utilizando el espectrofotómetro.

- **Fosfatos**

Para medir este parámetro, se requirió añadir 10 mL de la muestra en una de las celdas, seguido por la adición del reactivo Phosver3, luego se agitó por 30 segundos y se dejó reposar la muestra por 2 minutos. Para la elaboración del blanco, se añadió 10 mL de la muestra en una de las celdas. A continuación, se configuró en el espectrofotómetro el programa 490 P Reac, PP para la medición. Finalmente se registraron los resultados.

- **Hierro Total**

En este experimento se emplearon dos celdas de vidrio de 10 mL. Para la elaboración del blanco, se introdujo 10 mL de la solución en una celda, y para la muestra en sí, se depositaron 10 mL en una celda separada, seguido se añadió el reactivo ferrous iron reagent powder pillow, a continuación, se lo dejó reposar por 3 minutos. Luego se configuró al espectrofotómetro con el programa 265 Iron, Ferrover, en donde se insertó la celda que contiene al blanco para encerrar el artefacto, luego se realizó el cambio de la celda con la que contiene a la muestra para proceder con la medición. Finalmente se registraron los datos.

- **Manganeso**

Para determinar el valor de este parámetro, se empleó una pipeta graduada para transferir 10 mL de la muestra a una celda. Luego, se agregó el reactivo Buffer powder Pillow Citrate y se agitó en círculos durante alrededor de un minuto. Acto seguido, se incorporó el reactivo Sodium Periodate Powder Pillow a la misma celda y se dejó reposar durante 2 minutos hasta que se manifestó un cambio de color a violeta. En cuanto a la preparación del blanco, se depositó 10 mL de la muestra en una celda separada. A continuación, se configuró el espectrofotómetro con el programa 290 Manganese. Inicialmente, se introdujo la celda que contenía el blanco para calibrar el instrumento y, posteriormente, se añadió la celda de la muestra para obtener los resultados.

- **Nitratos**

La determinación de este parámetro implicó el uso del espectrofotómetro DR 1900. En un principio, se emplearon dos celdas para cada muestra. En una de estas celdas, se añadió 10 mL de la muestra con una pipeta, seguido se incorporó el reactivo Powder Pillow. Después, se agitó la mezcla durante aproximadamente 1 minuto y se dejó reposar durante 5 minutos. Se ajustó la configuración del espectrofotómetro al programa 353 N Nitrate MR PR. Para la calibración del instrumento se colocó inicialmente el blanco, luego se insertó la celda que contenía la muestra y, finalmente, se registraron los resultados obtenidos.

- **Nitritos**

En el inicio de la práctica, se procedió a preparar el blanco, incorporando 10 mL de agua desionizada en la celda correspondiente. Posteriormente, se dispusieron 10 mL de la muestra en otra celda, seguido de la adición del reactivo NitriVer3 en la misma. Se agitó hasta que la mezcla se volvió homogénea, lo que causó un cambio de color en la muestra, luego se dejó reposar por 20 minutos. Una vez finalizado el periodo de espera se configuró el espectrofotómetro al programa 371 N, Nitrite LR PP, luego se introdujo la celda que contiene al blanco para encerrar al artefacto, seguido se insertó la celda que contiene a la muestra para proceder con la lectura. Finalmente se registraron los resultados obtenidos.

- **Nitrógeno Amoniacal**

Primero, se preparó la muestra colocando 25 mL en una solución. Luego, se añadieron 3 gotas de estabilizador mineral, se tapó y se agitó invirtiéndolo repetidamente hasta obtener una mezcla homogénea. Después, se agregaron 3 gotas de agente dispersante, se volvió a tapar y se agitó de la misma manera para lograr una mezcla uniforme. Acto seguido, se añadió 1 mL de reactivo Nessler y se agitó de manera que el cilindro mezclador se invirtiera. Después, se dejó reposar la muestra 1 minuto.

Para la preparación del blanco, se añadieron 25 mL de agua destilada. A continuación, de ambos cilindros se extrajeron 10 mL y se introdujeron en dos celdas diferentes. Luego, se seleccionó el programa 380 N Ammonia, Ness en el espectrofotómetro y se procedió a la medición. Finalmente, se registraron los resultados obtenidos

2.3.1. Aforo de Caudales

El proceso comenzó con la fabricación de un embudo que ayudo a recolectar el agua de las pequeñas vertientes alejadas.

A continuación, se colocó el balde en el otro extremo del embudo y se comenzó con la medición del tiempo hasta que el agua llegue a la señal previamente marcada. El proceso se repitió cinco veces para cada vertiente con el objetivo de obtener una mejor estimación del promedio del caudal.



Figura 11. Medición del caudal

Para la obtención del dato del caudal se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{T} \frac{L}{s}$$

Ecuación 4. Determinación del caudal

Donde:

V = Volumen del balde

T = Tiempo que se tardó en llenar el balde

2.4. Determinación del ICA

El análisis del Índice de Calidad del Agua (ICA) se llevó a cabo considerando nueve parámetros para los usos en acuicultura y recreativo. Estos parámetros son: el potencial de hidrogeno, turbiedad, alcalinidad, nitritos, nitrógeno amoniacal, coliformes fecales, oxígeno disuelto, dureza y fosfatos. Se utilizó la metodología propuesta por la Asociación Fundación de Sanidad Nacional de Estados Unidos (INFS), donde se asignó un valor específico a cada parámetro en función de su importancia y de la frecuencia en que suelen encontrarse. Posteriormente, se realizaron los cálculos para el Índice de Calidad del Agua Global (If). Los cálculos se detallan en el Anexo III.

A continuación, se empleó la ecuación número 5 para determinar el valor y poder compararlo con las tablas de índice de calidad de agua destinadas tanto para la acuicultura como para el uso recreativo.

$$\frac{\sum_{i=1}^n (sub_i \times W_i)}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Ecuación 5. Índice de Calidad de Agua

Donde

W_i

= Valor relativo de cada parámetro

Sub_i

= Subíndice de cada parámetro

2.5. Ajuste del pH con ácidos

Se empleó sustancias químicas específicas en el proceso, entre ellas un reductor de pH compuesto por ácido clorhídrico (HCl) al 19%. Este reductor, como indica su nombre, es efectivo para disminuir tanto el pH como la conductividad presente en el agua. Además, se utilizó ácido cítrico, un ácido más suave, que desempeña un papel crucial en la reducción de la alcalinidad del agua para uso de acuicultura, contribuyendo así al entorno propicio para la crianza de peces.

- Determinación de las concentraciones de los ácidos

En la primera etapa, se determinó la concentración exacta de los ácidos utilizados.

Se comenzó evaluando la concentración inicial de HCl. Primero se disolvió 1 mL del reductor de pH en 100 mL de agua destilada, a continuación, se calculó la concentración del ácido clorhídrico (HCl). Los cálculos relacionados se detallan en el Anexo IV.

En cuanto a la determinación de la concentración del ácido cítrico, se pesaron 2 gramos del ácido en una balanza y se disolvieron en 100 mL de agua destilada. Dado que la densidad del ácido cítrico era desconocida, se llevó a cabo una estandarización del ácido, para lo cual se colocaron 3 gotas de indicador de fenolftaleína en el ácido cítrico. Se realizó una titulación con sosa cáustica a una concentración de 0.2 N, hasta que el ácido cítrico cambió a un color rosa ligero. A continuación, se anotó el volumen gastado. Finalmente, con la ecuación 6 se logró determinar la concentración.

$$\frac{3 \times V2 \times C2}{V1}$$

Ecuación 6. Concentración del ácido cítrico

$V1$ = volumen del ácido cítrico titulado

$C1$ = Concentración del ácido cítrico

V2=Volumen usado de NaOH para la titulación

C2=Concentración de NaOH

- Proceso de titulación

Ácido Clorhídrico

Se procedió colocando 100 mL de agua de la muestra en un matraz, luego se midió el pH inicial. Se añadió gradualmente 0,5 mL, en donde en cada inserción se agito la mezcla y se la traspaso a un vaso de precipitación para volver a valorar el pH, a continuación, se anotaron los cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua y el volumen de ácido utilizado. Luego, se inició el proceso para medir la alcalinidad del agua. Primero se añadieron 3 gotas de indicador de naranja de metilo a la muestra previamente acidificada. A continuación, se vertió ácido sulfúrico a una concentración de 0.02 N desde la bureta para iniciar la titulación. Se tituló la muestra alterada hasta que cambió la tonalidad a un tono rojizo. Finalmente, se registró el volumen gastado y, utilizando la **Ecuación 2** se realizó los cálculos para determinar la alcalinidad.

Ácido cítrico

Se colocaron 100 mL de agua de la muestra en un matraz, luego se midió el pH inicial de la muestra. Se añadió gradualmente 0,5 mL, en donde en cada inserción se agito la mezcla y se la traspaso a un vaso de precipitación para volver a valorar el pH. Después, se midió la alcalinidad del agua, en donde se incorporó 3 gotas de indicador de naranja de metilo. Seguidamente, se vertió ácido sulfúrico desde la bureta para iniciar la titulación. La muestra se tituló hasta que cambió su tonalidad a un rojizo, momento en el cual se registró el volumen utilizado. Finalmente, se utilizó la **Ecuación 2** para determinar el valor de la alcalinidad.

2.6. Determinación de la dosis óptima para la aplicación

A través del resultado de la concentración del ácido clorhídrico en la disolución inicial de 1:100 mL y con el conocimiento del volumen de ácido agregado, se aplicó la **Ecuación 2** para determinar la concentración final en la que se encuentra la muestra.

Utilizando los datos obtenidos, se empleó nuevamente la ecuación 2 para calcular el volumen adecuado del reductor del pH, donde se llevó a cabo el proceso utilizando la concentración inicial del ácido clorhídrico, la concentración final y un volumen específico de agua. El procedimiento se detalla en el Anexo V.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización de las Vertientes

A continuación, se presenta una comparación entre los resultados obtenidos en la caracterización de las vertientes con la normativa establecida en el Acuerdo Ministerial 097.

3.1.1. Análisis de los resultados referente al uso de acuicultura

La Tabla 1 exhibe una comparación entre los resultados de los análisis y los estándares de calidad para la conservación de la vida acuática, que se detallan en la Tabla 2 del Libro VI, Anexo 1, del Acuerdo Ministerial 097.

Tabla 1. Comparación de los resultados con la normativa Tabla 2 del Libro VI, Anexo 1, del Acuerdo Ministerial 097

Parámetro	Unidad	Resultados					AM 097
		Vert 1.	Vert 2.	Vert 3.	Vert 4.	Prom.	Uso Acuicultura
Potencial Hidrogeno	pH	7,59	7,33	7,38	7,49	7,44	6,5- 8,3
Temperatura	°C	18,43	17,84	17,8	17,74	17,95	Condiciones naturales + 5
Oxígeno disuelto	% OD	83,1	79,9	86,6	80,1	82,13	> 60% OD
Aluminio	mg/L	0,056	0,056	0,053	0,058	0,056	0,1
Arsénico	mg/L	0,016				0,016	0,05
Cobre	mg/L	0,01	0,01	0,015	0,02	0,013	0,02
Hierro	mg/L	0,03	0,02	0,05	0,04	0,035	0,1
Manganeso	mg/L	0,034	0,03	0,031	0,037	0,033	0,1
Coliforme Fecales	NMP	110					200

Se observa que los resultados del oxígeno disuelto y el potencial hidrogeno cumplen con los criterios establecidos en el Acuerdo Ministerial 097.

Considerando que la temperatura del agua en la ciudad de Pelileo varía entre 15 y 20 °C durante la mayor parte del año. Se observa que se encuentra dentro de los límites aceptables. Sin embargo, podría ser ligeramente elevada debido a que el suelo actúa como aislante térmico, protegiendo el agua de cambios bruscos de temperatura.

La Figura 13 presenta una confrontación entre los límites máximos aceptables fijados por la regulación actual y los resultados alcanzados.

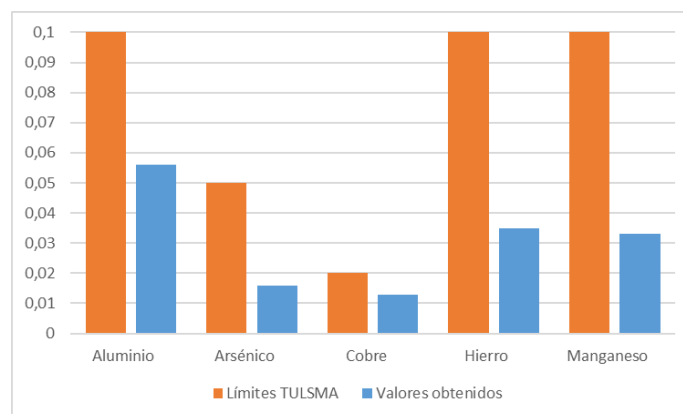


Figura 12. Diagrama comparativo de Metales

Al examinar los resultados de la concentración de metales como aluminio, cobre, hierro y manganeso, se observa que todos se encuentran por debajo de los límites establecidos. Esto indica una baja concentración de minerales en el agua subterránea, ya que es común encontrar concentraciones elevadas de metales en este tipo de recurso hídrico por el contacto directo con minerales esparcidos por el subsuelo. Se debe destacar que el análisis del arsénico se lo realizó únicamente a una vertiente, la número 4 debido ya que su uso es más aprovechable por tener mayor caudal. De esta manera, se puede constatar una baja concentración de arsénico, lo que sugiere una escasa presencia de metales en cantidades significativas en el suelo y los minerales. Así mismo, se evidencia una mínima contaminación por pesticidas u otros agentes químicos utilizados en las plantaciones, dado que estos elementos se infiltran en el suelo, generando contaminación.

En relación con los coliformes fecales, se observa una presencia mínima, lo que sugiere la ausencia de contaminación cercana proveniente de fosas sépticas, desechos de animales o vertidos industriales. Además, es posible que las capas de suelo y roca actúen como un filtro natural, eliminando microorganismos, en este caso, coliformes. Otra razón para la baja concentración en el líquido vital es la protección inherente que proporciona al ser subterráneo, limitando la exposición a agentes externos contaminantes. Analizar este parámetro es crucial, ya que implica evaluar su cantidad para garantizar la eficiencia de un sistema de tratamiento de agua.

La Tabla 2 exhibe los resultados de los parámetros que no tienen un límite máximo permitido según lo establecido en el Acuerdo Ministerial 097, pero son esenciales para la crianza de peces.

El enfoque principal de este proyecto se centra en los parámetros fisicoquímicos del agua para asegurar que sea adecuada para la crianza de truchas.

Tabla 2. Análisis de los resultados de los parámetros no contemplados en Tabla 2 del Libro VI, Anexo 1, del Acuerdo Ministerial 097

Parámetro	Unidad	Resultados				
		Vertiente 1	Vertiente 2	Vertiente 3	Vertiente 4	Promedio
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	375	393	394	410	393
Turbiedad	NTU	6,09	1,07	0,70	0,56	2,105
Conductividad	μS /cm	1040	1050	1070	1030	1050
Dureza	mg/L	590,54	338,31	346,31	360,33	408,87
DQO	mg/L	<3	<3	<3	<3	<3
Nitritos	mg/L	0,01	0,007	0,007	0,006	0,008
Nitratos	mg/L	3,3	2,9	2,1	2,3	2,7
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	0,61	0,4	0,71	0,51	0,6
Fosfatos	mg/L	0,98	1	1,29	1,03	1,1

Alcalinidad

La medición de la alcalinidad es un parámetro fuertemente vinculado con el pH del agua, si la alcalinidad es demasiado alta, el pH no podrá mantenerse constante, lo que podría causar daños a la vida o a la reproducción de los peces.

El límite recomendado por Castro (2021) establece un rango de 20 a 200 mg/L de CaCO₃. Se observa que ninguna de las concentraciones de las cuatro vertientes cumple con estos límites. Esto sucede a que el agua subterránea contiene rocas con una alta concentración de carbonatos y bicarbonatos, así también tiene poca oxigenación al no tener contacto directo y prolongado con la atmosfera, lo que provoca un aumento en la alcalinidad.

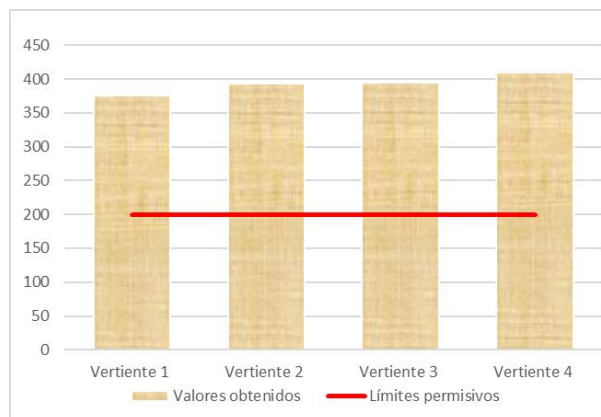


Figura 13. Diagrama comparativo Alcalinidad

Turbiedad

La Figura 14 presenta una relación entre el límite recomendado y los resultados obtenidos

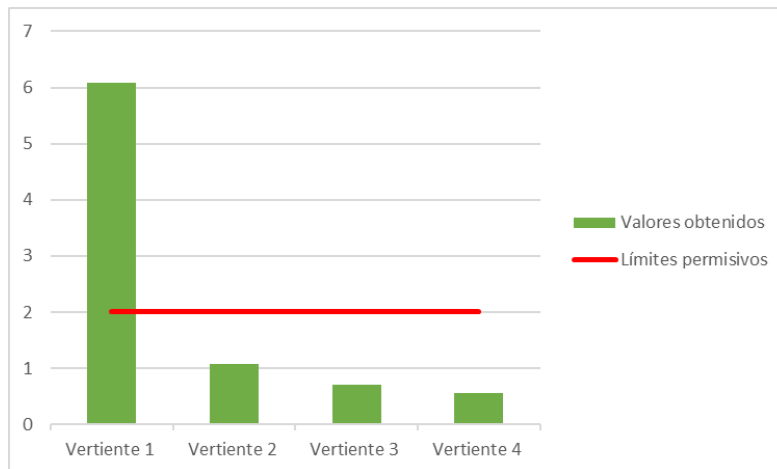


Figura 14. Diagrama comparativo Turbiedad

Según la investigación de Cruz (2019), el rango permitido para asegurar una calidad adecuada del agua se sitúa entre 0 y 2 unidades nefelométricas de turbidez (NTU). Al examinar los datos consignados en la tabla de resultados, se observa un aumento significativo en el parámetro de turbidez para el vertedero número 1. Este incremento puede atribuirse a la configuración geológica del área donde se encuentra, específicamente a la falta de compactación del suelo o a la presencia de partículas como arena o arcilla. En contraste, los demás cuerpos de agua cumplen con los estándares establecidos para este parámetro. Esta situación se atribuye al entorno del yacimiento de la vertiente, rodeado por una densa vegetación. Este factor contribuye a evitar la erosión del suelo, reduciendo la presencia de sólidos suspendidos como tierra o arcilla en el líquido vital.

Dureza

Según Calcetero (2022), la dureza está establecida en valores superiores a los 200 mg/L, lo que implica que el agua de las vertientes cumple con este estándar. Sin embargo, se observa que la dureza se encuentra en una cantidad elevada. Esto significa que, al ser un líquido de fuente subterránea, interactúa significativamente con minerales que están conformados por calcio o el magnesio, aumentando la concentración de las sales disueltas dentro del mismo.

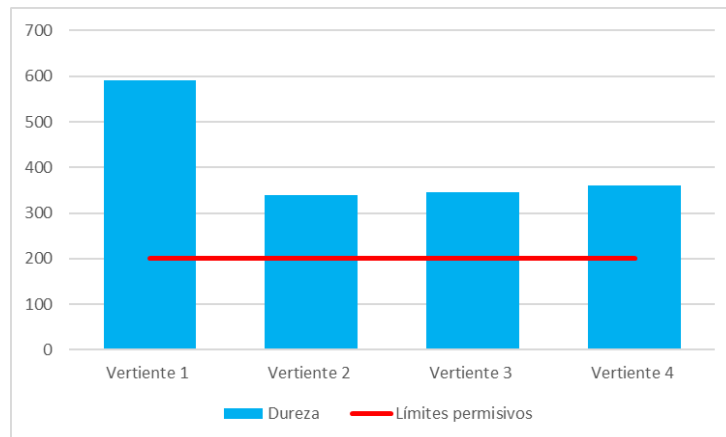


Figura 15. Diagrama comparativo Dureza

Conductividad

Se observa que la conductividad se encuentra demasiado alta, ya que, Cruz (2019) establece que el límite para la cría de peces se encuentra en un rango de 100 a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La gran concentración se debe a la presencia excesiva de sales y minerales disueltos, los cuales se encuentran en el subsuelo.

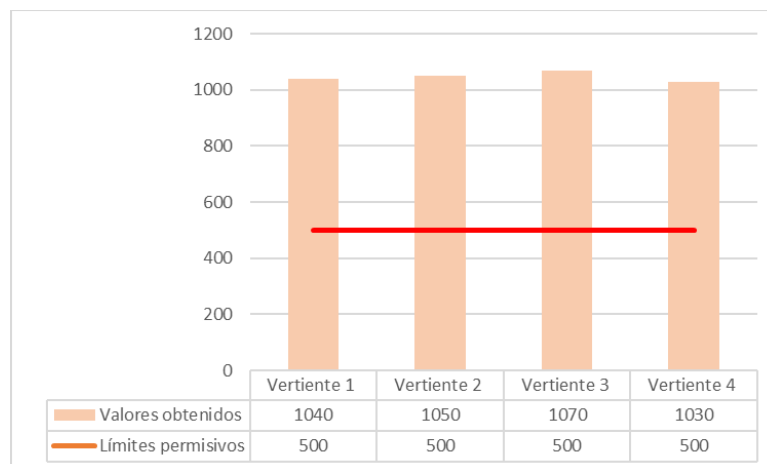


Figura 16. Diagrama comparativo Conductividad

La figura 17 muestra una evaluación entre los límites permisivos y los resultados obtenidos de los parámetros que se mantuvieron dentro de esos límites.

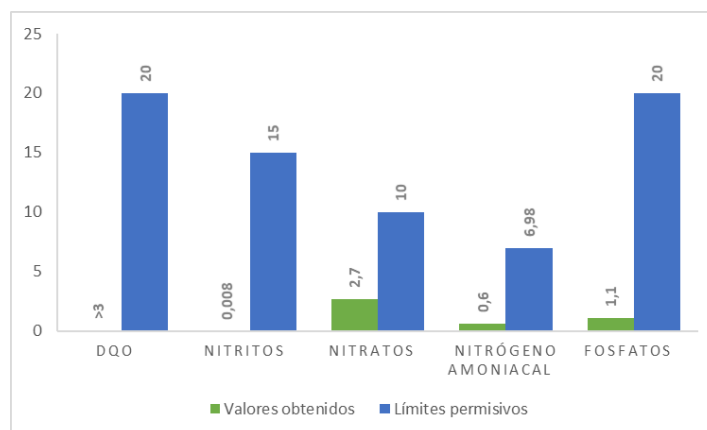


Figura 17. Diagrama comparativo resultados obtenidos y límites permisibles

DQO

Los resultados de los datos se exhiben como de bajo rango debido a que su concentración está por debajo del límite de medición del espectrofotómetro, que abarca desde 3 mg/L hasta 150 mg/L.

El valor de la DQO en el agua es inferior a los 3 mg/L, lo que es beneficioso ya que indica una menor concentración de compuestos orgánicos, favoreciendo la salud de peces tales como truchas y tilapias. Los límites máximos permitidos para truchas son inferiores a 20 mg/L (Rufasto, P y Vàsquez, C, 2020). El agua cumple con estos estándares al ser subterránea y carecer de contacto con materia orgánica.

Nitrógeno Amoniacal

Según Cruz (2019), el límite máximo permisible para la cría de truchas es de 6.98 mg/L. Se observa que este parámetro está por debajo del límite permisible, indicando una baja concentración de contaminación con materia orgánica, ya que al ser un agua subterránea tiene un mínimo contacto con la superficie.

Nitratos

El límite máximo permisible para la concentración de nitratos es de 10 mg/L (Calcetero, 2022). Se verifica que el agua de las vertientes Shushuri cumple con este estándar al encontrarse por debajo del límite establecido. Esto implica una mínima concentración de contaminantes derivados de actividades humanas o una baja presencia de yacimientos geológicos ricos en carbono.

Nitritos

Calcetero (2022) establece que los niveles tóxicos para la trucha superan los 15 mg/L. Las aguas de las cuatro vertientes están por debajo de este rango. Este parámetro es crucial, ya

que el nitrito, en presencia de ciertas bacterias, puede tener efectos tóxicos en los tejidos del pez, también conocidos como síntomas de sangre achocolatada.

La presencia mínima de nitritos sugiere baja presencia de contaminantes derivados de actividades humanas, lo cual es comprensible por ser agua subterránea.

Fosfatos

Según Calcetero (2022), la concentración de fosfatos en el agua para la acuicultura no debe superar los 20 mg/L, ya que un exceso puede aumentar el pH y la acidez en el agua. Se observa que la cantidad presente en el agua de las vertientes se encuentra por debajo del límite permisible, cumpliendo con los estándares para una crianza saludable de truchas.

3.1.2. Análisis de los resultados para el uso recreativo del agua

La Tabla 3 exhibe una comparación entre los resultados de los análisis de y los criterios de calidad para el uso recreativo, que se detallan en la Tabla 6 del Libro VI, Anexo 1, del Acuerdo Ministerial 097.

Tabla 3. Comparación de los resultados con la Tabla 6 del Libro VI, Anexo 1, del Acuerdo Ministerial 097

Parámetro	Unidades	Promedio					AM 097
		Vertiente 1	Vertiente 2	Vertiente 3	Vertiente 4	Promedio	Criterio de calidad
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1.1 NMP/100 mL					200
Grasas y aceites	Película visible	Ausencia					Ausencia
Material flotante	Visible	Presencia de hojas y ramas					Ausencia
Oxígeno disuelto	mg/L	83.1	79.9	86.6	80.1	82.13	>80% OD sat
pH	pH	7.59	7.33	7.38	7.49	7.44	6.5 - 8.3
Relación N/F		3,37	2,90	1,63	2,23	2,47	15:1

Oxígeno disuelto

Se evidencia que la vertiente 2 no cumple con el requisito de tener más del 80% de oxígeno disuelto (OD), ya que, al tratarse de agua subterránea, tiene una limitada interacción con la atmósfera, lo que reduce la incorporación de oxígeno. Por el contrario, las demás vertientes superan el límite establecido, lo que implica que, al emerger del manantial, experimentan

golpes y fricciones con el suelo y las piedras, favoreciendo la entrada de oxígeno y logrando una adecuada saturación.

Material flotante

Se observa la presencia de ramas y hojas, incumpliendo el requisito de material flotante establecido por la normativa vigente, lo que puede ser explicado por múltiples árboles o plantas que rodean al yacimiento.

Coliformes fecales

La concentración de las coliformes fecales se encuentra dentro de los límites permitidos, lo que beneficia el uso recreativo.

Capa de aceites y grasas

Se observa que cumple con el parámetro de la capa de aceites y grasas, señalando la ausencia de contaminación por infiltración del suelo. Esto también demuestra la falta de contaminación con otros cuerpos de agua cercanos al yacimiento.

Relación nitrógeno fosforo

Se observa que la cantidad está por debajo del límite permisible, razonable por la ausencia de altas cantidades de nitrógeno amoniacal ni fosfatos, la última forma de oxidación en el ciclo del fósforo. Esta situación resulta beneficiosa para el cuerpo de agua, ya que la relación mencionada permite controlar el grado de eutrofización o el crecimiento de plantas, algas y otros organismos.

Parámetros no contemplados en el Acuerdo Ministerial 097

Con la ayuda de la figura 18, se evaluaron los datos obtenidos sobre la concentración de alcalinidad y conductividad en el agua, aspectos esenciales para determinar su idoneidad para diversos fines.

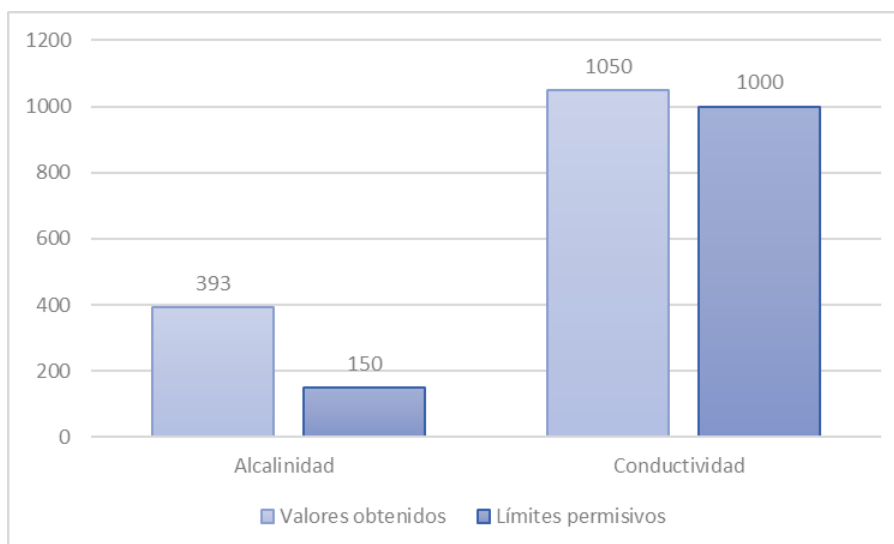


Figura 18. Diagrama comparativo Alcalinidad y Conductividad

Alcalinidad

Según Valerezo (2023) la alcalinidad recomendada para una piscina se encuentra en el rango de 80 a 150 mg/L. Sin embargo, los resultados indican que el valor supera en gran medida el límite establecido, lo que podría afectar negativamente la calidad de la piscina. Este exceso podría dificultar el mantener un pH constante, requiriendo mediciones diarias y potencialmente causando irritación en la piel y los ojos de los usuarios.

Conductividad

Se nota que el valor promedio registrado es de aproximadamente 1050, superando el límite establecido ya que establecen un límite máximo permisible de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Aunque está por encima de lo establecido, este exceso provocaría una mínima irritación en la piel y los ojos, corrosión de equipos y dificultades con los productos desinfectantes, ya que las sales disueltas podrían afectar su eficacia en la limpieza.

3.2. Análisis del ICA

En la tabla 4, se exhiben los valores relativos (W_i), los cuales oscilan en una escala del 1 al 5, donde 5 representa la mayor importancia, los cuales varían en función del uso previsto del agua y su disponibilidad.

Tabla 4. Resultados del índice de calidad del agua global (IF)

Parámetros	Uso de acuicultura		Uso recreativo	
	If	Wi	If	Wi
turbidez	119	5	119	5
Alcalinidad	35,5	5	35,5	3
Nitratos	117,36	3	117,36	3
Coliformes fecales	61,53	4	61,53	4
Oxígeno disuelto	6,7	5	6,7	3
nitrógeno amoniacal	57,025	3	57,025	1
Dureza	0,0000073	5	0,0000073	1
Fosfatos	32,75	3	32,75	1
potencial hidrogeno	100	4	100	5

Se observa que los valores del Índice de Calidad del Agua Global (IF) permanecen constantes, y esto se debe a que los análisis se realizaron en una sola fuente. Las únicas variaciones se encuentran en los valores relativos, ya que su importancia puede cambiar según el contexto. Por ejemplo, la presencia de coliformes fecales en el agua puede ser significativa para el cultivo en un criadero, pero puede ser perjudicial en el caso de una piscina, donde una alta concentración mezclada con compuestos químicos podría generar la formación de compuestos organoclorados o sustancias cancerígenas que podrían afectar la salud humana.

En otras palabras, la prioridad del Índice de Calidad del Agua (ICA) para la acuicultura se centra en la concentración de metales presentes en el agua, mientras que, para el uso recreativo, la prioridad recae en la evaluación de la materia orgánica presente en el agua.

Los valores obtenidos para el uso de acuicultura es 55,57 mientras que para el uso recreativo es de 73,44 la operación se detalla en el Anexo VI. Las tablas 5 y 6 muestran los valores de clasificación del índice de calidad del agua, donde se usaron para hallar el rango.

Tabla 5. Criterios Generales ICA uso de acuicultura

Uso de pesca y vida acuática	
70-100 E	Pesca y vida acuática abundante
60-70 A	Límite para peces muy sensitivos
50-60 LC	Dudosa la pesca sin riesgos de salud
40- 50 C	Vida acuática muy resistente
30-40 FC	Inaceptable para la vida pesquera
0-30 EC	Inaceptable para la vida acuática

Tabla 6. Criterios Generales ICA uso recreativo

Uso recreativo	
70- 100 E	Cualquier tipo de deporte acuático
50-70 A	Restringir los deportes de inmersión, precaución si se ingiere dada la posibilidad de bacterias
40-50 LC	Dudosa para el contacto con el agua
30-40 C	Evitar contacto solo por lanchas
20-30 FC	Contaminación visible, evitar cercana
0-20 EC	Inaceptable para recreación

Se evidencia que el agua para la acuicultura está en el rango de dudosa para la pesca, sin riesgos de salud, debido a la alta alcalinidad y conductividad. Esto sugiere la presencia de sólidos disueltos, entre los cuales se destaca el calcio, junto con una notable concentración de carbonatos. Estas concentraciones son comunes en aguas subterráneas, ya que, al estar almacenadas en el subsuelo, entran en contacto con rocas y minerales ricos en estos elementos. La alta conductividad del agua afecta el equilibrio iónico en los peces, esencial para mantener una correcta regulación de sustancias cargadas eléctricamente dentro y fuera de sus cuerpos. La falta de este equilibrio iónico podría provocar enfermedades y afectar negativamente la reproducción y calidad de vida de estos animales. Además, la alta conductividad puede generar variaciones en las condiciones del agua, estresando a los peces y dificultando su reproducción.

Es relevante destacar la mínima presencia de hierro y manganeso en el agua, indicando que el lugar de origen está rodeado por minerales con bajas concentraciones de estos elementos. Si se evalúa la calidad del agua destinada al uso recreativo, se observa que se encuentra dentro de un rango aceptable. Sin embargo, la alcalinidad presenta un valor significativamente elevado, indicando la necesidad de implementar un método de tratamiento para regularla. El fenómeno se atribuye a la procedencia del agua, rica en minerales de carbonato de calcio. La alcalinidad elevada puede ocasionar dificultades para mantener el pH, resultando en una acidificación del agua y disminuyendo la eficacia de los desinfectantes. Además, puede contribuir a la formación de depósitos minerales en el interior de la piscina, generar irritación en los ojos y la piel de los nadadores, así mismo provocar escamas en la superficie de los equipos de la piscina.

3.3. Propuesta de tratamiento

Con el objetivo de reducir la alcalinidad del agua y mejorar sus condiciones, se sugiere la dosificación de ácidos, como el ácido muriático o clorhídrico. Estos ácidos, especialmente recomendados para piscinas, contribuyen a disminuir la alcalinidad y a regular la turbidez del agua.

En la tabla 7 se puede apreciar los caudales aproximados de cada vertiente.

Tabla 7. Aforos de los caudales

Vertiente	Unidades	Aforos
vertiente1	L/s	3,74
vertiente2	L/s	4,93
vertiente3	L/s	5,67
vertiente4	L/s	5,86

Se recomienda la instalación de un aireador escalonado para aumentar la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Esto promoverá la oxidación de los niveles de carbonatos presentes en ella. Los parámetros de diseño correspondientes se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8. Parámetros para el aireador de escalones

Parámetro	Valor o Rango	Datos Vertientes
Altura de los escalones o de contrahuella (Altura del escalón) (cm)	30 a 40	40
Altura total del aireador (m)	2 a 5	2
Profundidad de la contra huella (Donde se pisa) (cm)	30 a 50	30
Número de escalones	4 a 10	5

Para esta propuesta de tratamiento, se consideraron los parámetros de la vertiente número 4, dado que su mayor caudal y accesibilidad la hacen ideal para este tipo de proceso. Se utilizó la ecuación de Barret para evaluar la condición fisicoquímica del agua, aunque el valor

total resultó ser muy bajo, los detalles de la ecuación se encuentran en el Anexo VII. El resultado arrojó una altura de un metro. Este valor no cumple con el rango límite establecido por la tabla mencionada. Sin embargo, esta discrepancia se atribuye a que las condiciones de saturación de oxígeno en la vertiente se encuentran en buen estado, al igual que la calidad general del agua, que es óptima para sustentar vida en ella.

Las dimensiones de la huella y contrahuella fueron determinadas según el criterio del autor y la comodidad de los beneficiarios de las vertientes.

La finalidad de este tratamiento es introducir oxígeno, lo cual mejora la calidad del agua al aumentar el contenido de oxígeno disuelto en el mismo. Esto favorece la calidad del hábitat acuático. Además, presenta beneficios en la mezcla uniforme de los nutrientes, mejorando su circulación.

Luego se propone la acidificación del agua con el fin de bajar la alcalinidad, esto se logra ya que al agregar el ácido que reacciona con los componentes alcalinos, reduciendo las concentraciones de iones de hidróxido, disminuyendo la alcalinidad y al mismo tiempo el pH.

Ácido clorhídrico

La tabla 9 expresa los resultados del pH al agregar dosificaciones continuas de 0,5 mL del ácido clorhídrico.

Tabla 9. Línea dosificación de ácido

pH Muestra	Ácido Agregado mL
7,76	0
7,56	0,5
7,38	1,0
7,03	1,5
6,92	2,0
6,73	2,5
6,62	3,0
6,45	3,5
6,27	4,0

Como se puede apreciar en la figura 19, se determinó que el punto adecuado de inserción del ácido a la muestra fue de 3.5 mL, con una concentración de 57,3 N, situándose el pH dentro del rango permitido por la normativa vigente, siendo la dosis óptima.

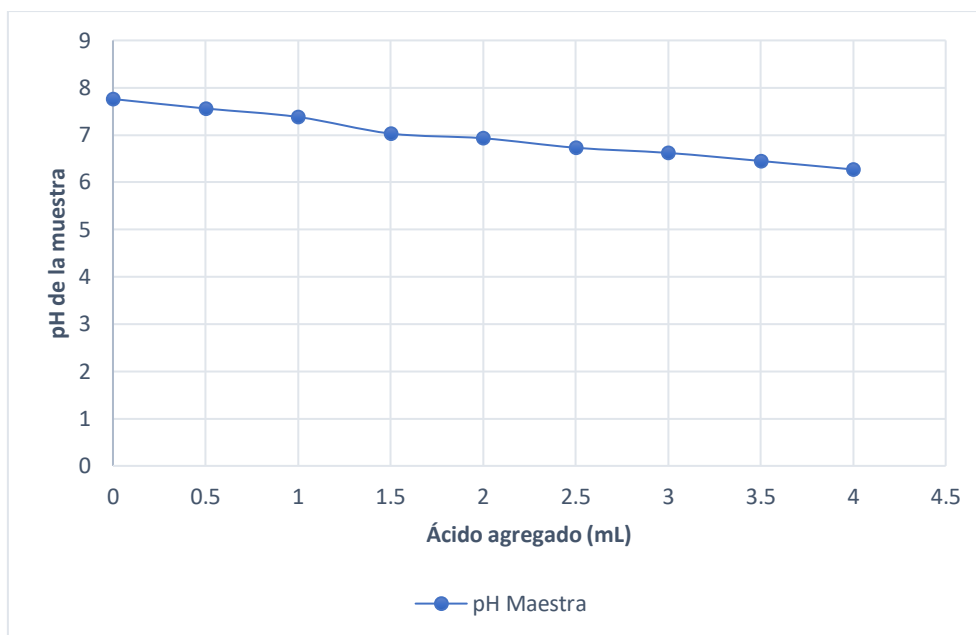


Figura 19. Grafica Relación pH ácido clorhídrico

Al añadir 3.5 mL del acidificante, se nota un aumento significativo en la acidez del cuerpo líquido debido a la naturaleza concentrada del ácido. Esto lo convierte en una herramienta efectiva para la desinfección y, en este caso, resulta útil para neutralizar el exceso de alcalinidad. Al hacerlo, se liberan iones de hidrógeno en el agua, reduciendo la alcalinidad y restableciendo el equilibrio químico.

Ácido cítrico

La tabla 10 expresa los resultados del pH al agregar dosificaciones continuas de 0,5 mL del ácido cítrico.

Tabla 10. Línea dosificación de ácido cítrico

pH Muestra	Acido Agregado mL
8,08	0
7,36	0,5
6,86	1,0
6,67	1,5
6,32	2,0
5,92	2,5
5,78	3,0

La Figura 20 muestra los valores de dosificación en los cuales se añadió ácido cítrico con una concentración de 1,032 M. Se determinó que la dosis óptima fue de 2.5 mL de ácido cítrico. Esto se debe a que, al ser un ácido mucho más débil, se requiere una concentración y volumen más elevados. Además, estos cambios dependen directamente de las características fisicoquímicas del agua y de cómo reaccione ante ellas.

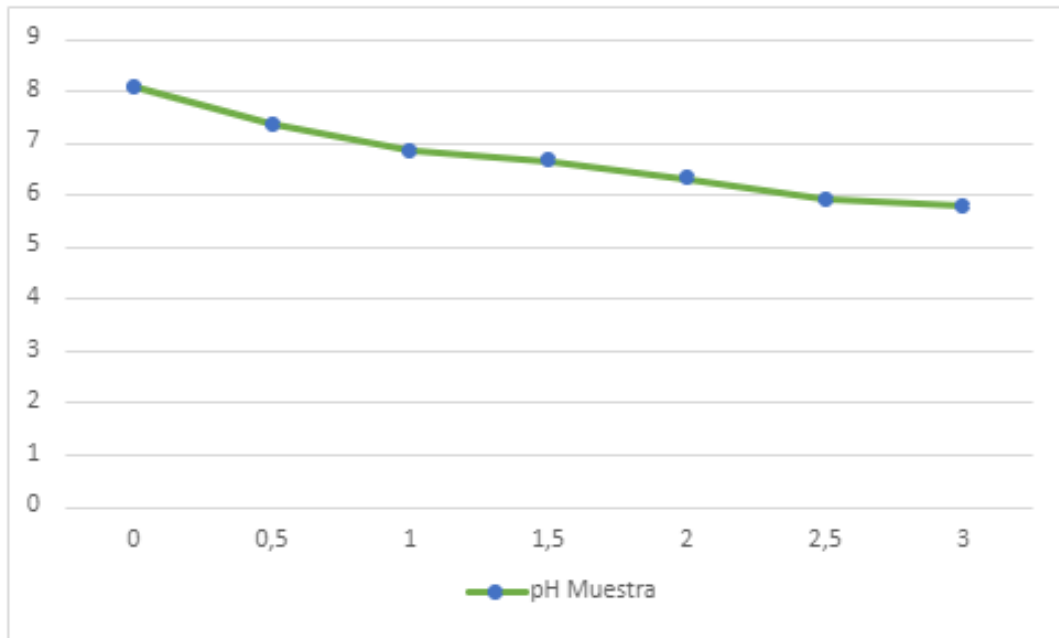


Figura 20. Grafica Relación pH ácido cítrico

Básicamente, se puede observar el mismo principio al añadir el ácido clorhídrico. En este caso, no se realizó una disolución de alguna muestra madre; en cambio, se llevó a cabo una disolución directa del compuesto químico. Dado que el ácido cítrico se considera débil, no puede disociarse completamente en iones en el agua, es decir, no puede ionizarse completamente, sino de manera parcial. Esto implica que el ácido no es capaz de liberar todos los iones de hidrógeno presentes en el agua.

Alcalinidad

La tabla 11 refleja la concentración de alcalinidad después de la adición de las dosis deseadas de ácido.

Tabla 11. Datos del tratamiento

Parámetro	Unidad	Resultados					Método de tratamiento	
		Vertiente 1	Vertiente 2	Vertiente 3	Vertiente 4	Promedio	Ácido muriático	Ácido cítrico
Alcalinidad	mg/L CaO3	375	393	394	410	393	295	320

Se observa una reducción considerable en la concentración de alcalinidad, atribuida a la neutralización de los iones de hidroxilo y al aumento de los iones de hidrógeno durante el proceso.

Como se aprecia en la figura 15 se destaca la mayor eficiencia del ácido clorhídrico en la reducción de la alcalinidad debido a su naturaleza como ácido fuerte, capaz de disociar todos los iones de hidrógeno presentes en el agua. Esta eficacia mejorada también se atribuye al enfoque del compuesto químico utilizado en el control de las propiedades fisicoquímicas del agua en entornos de piscinas.

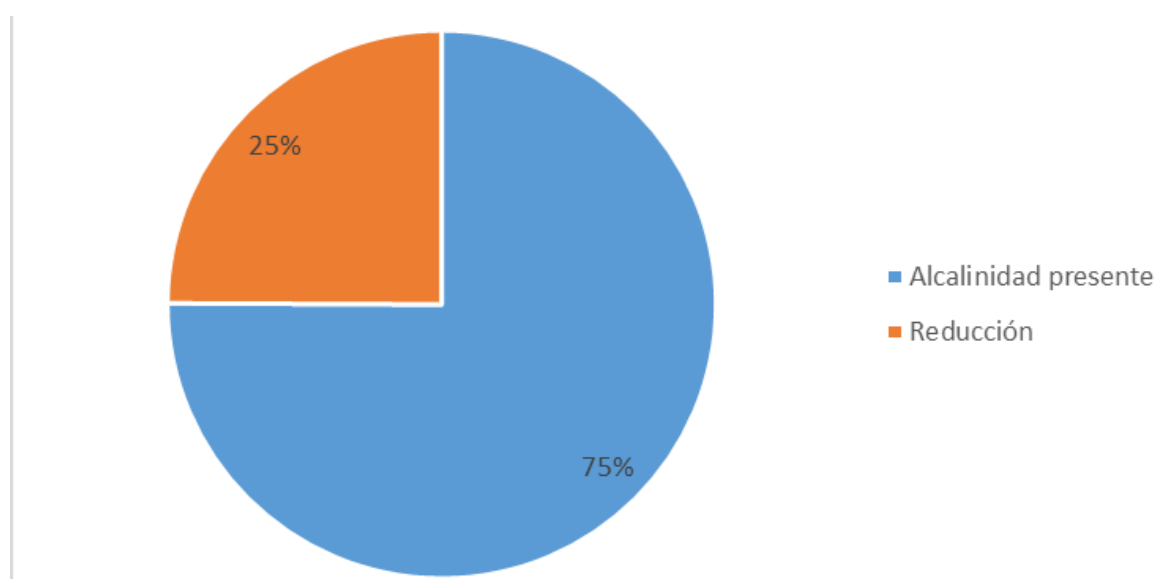


Figura 21. Porcentaje de reducción con ácido clorhídrico

La composición del reductor del pH no solo incluye el ácido en cuestión, sino también un tampón ácido que actúa como amortiguador para prevenir cambios abruptos en el pH.

Además, se emplean agentes estabilizadores que prolongan el tiempo de neutralización del ácido, incorporando ingredientes reguladores como ácido bórico o sales específicas, dependiendo del fabricante. Estos componentes regulan la liberación de iones de hidrógeno para evitar variaciones bruscas en el pH.

Por otro lado, el ácido cítrico, perteneciente a la familia de los ácidos orgánicos obtenidos de limones o limas secos y triturados, no afecta significativamente la calidad del agua para la crianza de peces. Sin embargo, los resultados indican que no puede provocar una disociación de los iones de hidrógeno en el agua. La figura 22 establece el porcentaje de reducción que se logró al utilizar el ácido cítrico.

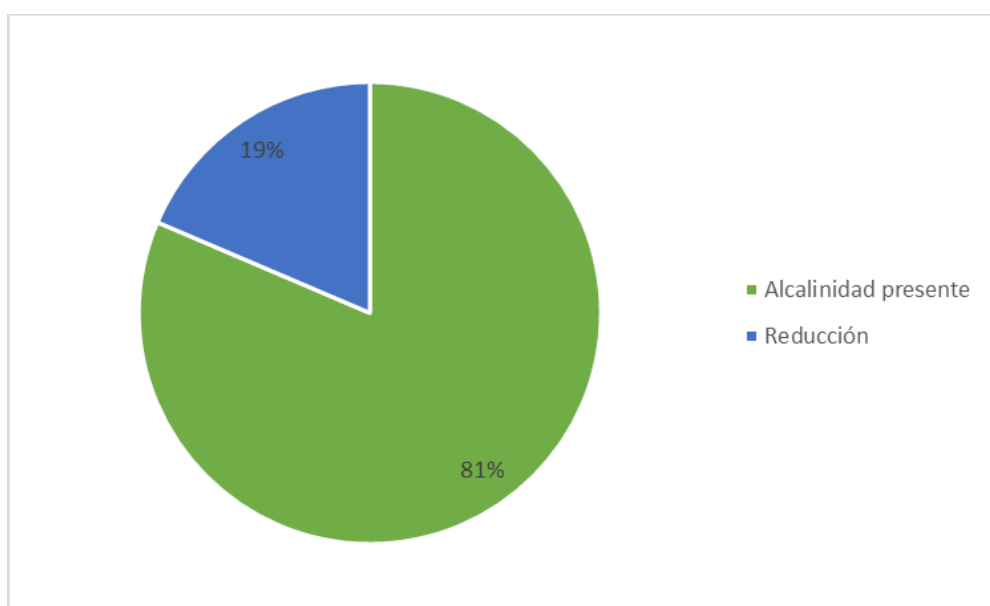


Figura 22. Porcentaje de reducción con ácido cítrico

Después del método de tratamiento, se observa que la alcalinidad sigue siendo elevada. Esto podría atribuirse a la capacidad buffer del agua, indicando que la solución de la muestra tiende a resistir cambios en el pH. Sin embargo, esta teoría se descartaría, ya que, al realizar la titulación, no se observaron cambios significativos en el pH al añadir concentraciones controladas del ácido.

La eficacia del ácido clorhídrico se debe a su concentración específica, diseñada para controlar las propiedades fisicoquímicas del agua en entornos de piscinas. Por otro lado, el ácido cítrico, al ser un ácido más suave, tiene una influencia menor en el agua.

Determinación de la dosis óptima para la aplicación

La dosis óptima que se debe aplicar es de 3.65 mL por cada 10 metros cúbicos. Esto se debe a que la concentración del ácido clorhídrico presente en el reductor del pH es significativamente alta y, dado que es un ácido fuerte, se requiere una mayor cantidad de volumen para mantener los niveles de pH ideales sin afectación.

3.4. Análisis Costo-Beneficio

Para llevar a cabo la evaluación de costo-beneficio, se consideran dos elementos clave: la dosificación del ácido clorhídrico y el costo por galón del reductor de pH. La tabla 12 muestra el producto químico junto con el precio por galón.

Tabla 12. Reactivo usado

Empresa	Nombre del Producto	Presentación	Densidad (mg/L)	Costo (USD/gal)
SUPPLYQUIM	PH MINUS LIQUIDO, GALON 4KG	Galón	1100	8

Para calcular el costo diario del reactivo utilizado en el proceso de dosificación, se tuvo en cuenta el volumen de la piscina, donde la concentración deseada debe ser de 2,01 N de ácido clorhídrico. Esto implica que se deben extraer 3,5 mL de la solución madre diariamente, lo que equivale a 24,5 mL por semana.

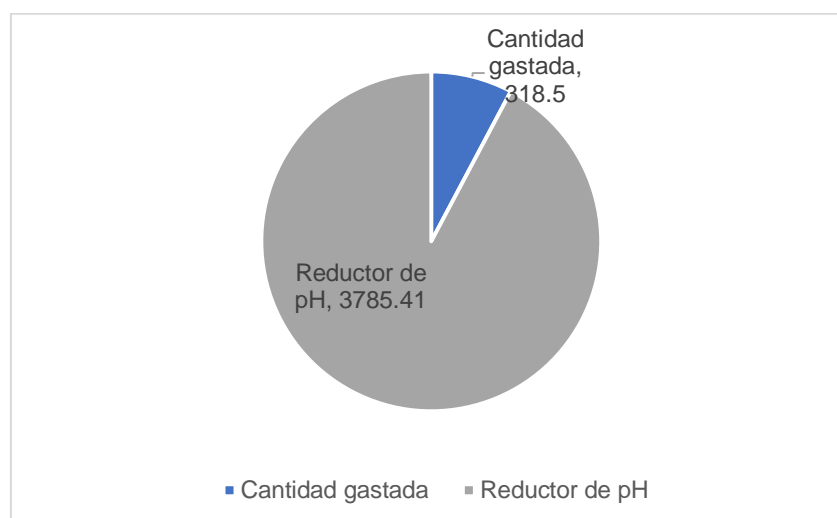


Figura 23. Reducción del volumen de la muestra madre en 3 meses

Se nota que la reducción en el volumen del agente acidificante es prácticamente insignificante en una semana, lo que sugiere que el compuesto químico tiene una duración considerable.

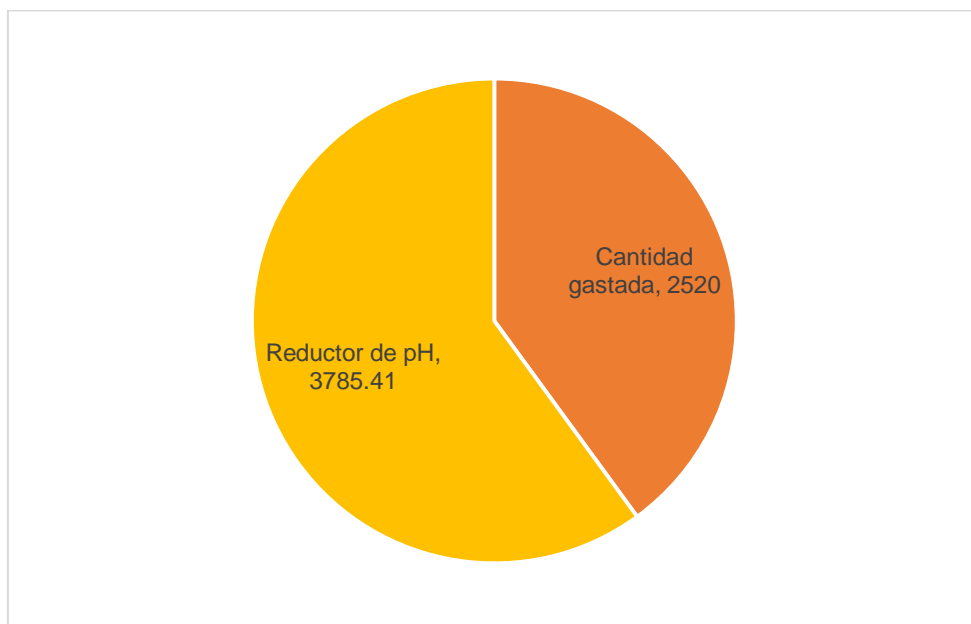


Figura 24. Volumen gastado diariamente durante dos años.

Teniendo en cuenta que su fecha de caducidad es de 2 años, en la figura 23 se observa que todavía hay un notable excedente en la cantidad del compuesto químico. Esto sugiere que no hay un desperdicio significativo si se compra la cantidad durante el tiempo transcurrido.

Por ende, la dosificación utilizada no representa un consumo significativo diario. Lo que indica un valor de costo único para el tratamiento del agua durante un período sustancial.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se llevaron a cabo análisis para determinar las características fisicoquímicas de cada vertiente, identificando las concentraciones de los parámetros analizados. Además, se identificaron las propiedades que requieren tratamiento para reducir su concentración. También se evidenciaron concentraciones bajas de ciertos metales, como el hierro, lo cual es notable, ya que, al ser un agua en contacto con numerosos minerales en el suelo, se esperaría una concentración más alta. Se observó este fenómeno también en el caso de manganeso, aluminio y cobre. Por otra parte, se corroboraron concentraciones que deberían ser bajas, como en el caso de nitritos y nitratos, lo que sugiere que no hay una contaminación directa por sustancias orgánicas u otras de origen humano.
- Cabe destacar la presencia de arsénico, la cual estuvo por debajo de la norma establecida por el Acuerdo Ministerial 097, señalando que no hay contaminación por filtración de productos químicos como pesticidas y que se encuentra rodeada de minerales bajos en carbonatos. Asimismo, se determinó la concentración de coliformes fecales, indicando que no hay contaminación directa de contaminación fecal, lo que sugiere la ausencia de infiltración de material orgánico perjudicial para el líquido vital.
- Se llevó a cabo la evaluación del índice de calidad del agua para determinar su uso más adecuado. Esta evaluación se dividió en dos tablas separadas: una para la crianza de peces, que arrojó un valor de 55.57, y otra para uso recreativo, con un resultado de 73.44.
- Se consideraron 9 parámetros los cuales arrojaron que el líquido vital de las vertientes Shushuri no son adecuada para la crianza de vida acuática debido a niveles excesivos de alcalinidad y conductividad. Sin embargo, para uso recreativo, aunque con parámetros elevados, es apta ya que no tiene un impacto tan significativo en ese contexto y no se encuentra un límite establecido específico.
- El método de inserción de ácido para tratar el agua demostró ser efectivo, aunque no cumplió totalmente con las expectativas. A pesar de la reducción en la alcalinidad, no se lograron condiciones ideales para la crianza de peces.
- Para el uso recreativo, resulta aceptable, dado que la alcalinidad está estrechamente relacionada con el pH. Al mantener un pH dentro de los límites establecidos por la

normativa, se reduce el riesgo de impacto negativo para el contacto humano. La dosis óptima del reductor de pH, con una concentración del 19 % de ácido clorhídrico, fue de 3.65 mL por cada 10 m³ de agua, teniendo en cuenta que estos valores están estrechamente relacionados con la concentración del ácido utilizados.

- Se sugirió la implementación de un sistema de aireación por gradas para mejorar la reducción de la concentración de alcalinidad en el agua. Además, este método puede proporcionar otros beneficios, como el incremento de los niveles de oxígeno disuelto y la oxidación de metales presentes, como el hierro y el manganeso.

4.2. Recomendaciones:

- Seguir la norma INEN 2169:2023 para el muestreo y conservación del agua, de modo que la muestra refleje las características del lugar donde se tomó. Esto facilitará el transporte de la muestra sin riesgo de contaminación y asegurará su adecuada conservación en el laboratorio.
- Al elegir reductores de pH, comparar las concentraciones específicas de cada componente y especificar el uso previsto, ya que existen distintos tipos de reductores según el propósito deseado. La elección variará según el uso para el que se necesite el reductor.
- Comprar kits de medición de pH para verificar el pH en el momento de la inserción de la alícuota mencionada anteriormente, así como para mantener un control continuo del pH en el agua. Esto contribuirá a monitorear y ajustar de manera efectiva las condiciones del agua.
- Construir un punto de captación del agua al inicio del método de aireación por escalones con el fin de determinar un caudal preciso. Si se requieren mantenimientos, el método de tratamiento se podrá realizar de manera cómoda y segura.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aveiga Ortiz, A. M., Banchón Bajaña, C. L., Mendoza Cedeño, L. G., Calderón Pincay, J. M., & Delgado Moreira, M. I. (2022). Distribución de metales pesados en agua, sedimentos y peces del río Carrizal, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 43(3), 13-23.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8693306>

Bernabé Yujra, A. (2022). Purificación de agua de pozo con dióxido de cloro por método químico para Quinoa Foods Company SRL (Doctoral dissertation).

<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/30884>

Bundschuh, J., Armienta, M. A., Morales-Simfors, N., Ayaz Alam, M., López, D. L., Delgado Quezada, V., . . . Bhattacharya, P. (2020). Arsenic in Latin America: New findings on

source, mobilization and mobility in human environments in 20 countries based on decadal research 2010-2020. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10643389.2020.1770527>

Castro Martínez, L. M., & Rodríguez Caro, E. G. (2021). Relación entre las prácticas de alimentación y su efecto sobre la calidad del agua en estanques de piscicultura (monografía).

<http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/5062>

Cedeño-Muñoz Antonio, H. I. (2020). *Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador* Analysis of the water quality parameters of the dead river effluent for possible reuse of Manta Canton, Ecuador *Análise dos parâmetros de qualidade da água do efluente do rio morto para possível reutilização no Cantão de Manta, Equador*. 5, 579-604.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7435323>

García-González, J., Osorio-Ortega, M. A., Saquicela-Rojas, R. A., & Cadme, M. L. (2021).

Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas,

Ecuador. Ingeniería del agua, 25(2), 115. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921>

Gualpa, M., Céleri, R. y Crespo, P. (2022). Efecto del coeficiente teórico de descarga de vertederos sobre la medición de caudales en pequeños ríos Andinos. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 36(2):75-87. <http://doi.org/10.17163/lgr.n36.2022.06>

Gómez Santos, M. E., & Moreno Rosario, M. M. (2021). Estudio de viabilidad para proyecto de crianza y comercialización de tilapias rojas y grises en el municipio Esperanza, provincia

Valverde, período 2021 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña).
<https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/4424>

Granda, B. P. I., Macías, C. A. V., Mora, W. G. G., & Cordero, P. Q. (2023). Efectos de productos calcáreos sobre diversos tipos de calidad de agua y tiempos de medición en niveles de PH y oxígeno disuelto. *Polo del Conocimiento*, 8(8), 1475-1512.
<https://mail.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5919>.

H.Payano_Programa_Especial_Titulacion_Titulo_Profesional_2023. (s. f.).

Juan, M., & Flores Cerna, C. (s. f.). *Pool Herless Tirado Ríos Lenin Valverde Gómez*.

Londoño Pereira, M., & Gómez Ramírez, B. D. (2021). Nitratos y nitritos, la doble cara de La moneda. *Revista de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 4(1), 110-119.
<https://doi.org/10.35454/rncm.v4n1.202>

Lucero, P. P., Gad, P., De, P., Moreno, G., Dania, V., Vocales, P., Bosada, L., Cueva, J., Domínguez, D., Rubio, K., Fotografías, E. B., Andrade, D., Vaca, L., Imba, P., & Hurtado, C. P. (s. f.). *Técnicos Paul Gualotuña*.

Nitrógeno amoniacal en aguas residuales domesticas utilizando sedimentador primario con diferentes condiciones hidráulicas, marca 2019. (2021). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 4296-4310. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.621

Mex-Álvarez, R. M. D. J., Guillen-Morales, M. M., & Ceh-Ac, C. A. (2022). Microtitulación para la determinación de la acidez titulable de té (Camellia sinensis). *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(24).

Moranchel-García, L., & Pineda-Galindo, L. F. (2023). Intoxicación por productos desinfectantes y de limpieza. *Medicina Interna de México*, 39(2), 322-328.
<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=110862>

Ramírez, C. A. S. (2021). *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico*. Ediciones de la U.
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2fAYEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA33&dq=Ram%C3%ADrez,+C.+A.+S.+\(2021\).+Calidad+del+agua:+evaluaci%C3%B3n+y+diagn%C3%B3stico.+Ediciones+de+la+U.+&ots=ceVRRq2L6k&sig=EROAgxMtaL56pwWWgrbSzVrKRCK#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2fAYEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA33&dq=Ram%C3%ADrez,+C.+A.+S.+(2021).+Calidad+del+agua:+evaluaci%C3%B3n+y+diagn%C3%B3stico.+Ediciones+de+la+U.+&ots=ceVRRq2L6k&sig=EROAgxMtaL56pwWWgrbSzVrKRCK#v=onepage&q&f=false)

Salvador, V., Fortunata, M., Velásquez, C., Flor, Maria., (2022). Arsénico, D. DE, & Plomo En Alimento Y Agua Y Su Bioacumulación En Hígado De Pollos De Corral Procedente De, C. Y..

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA. <https://hdl.handle.net/20.500.12970/1541>

Ormaza, R., Katherine, R., Zambrano, P., & Patricia, Z. (s. f.). ESCUELA SUPERIOR

Paima Rufasto, R., & Vásquez Coronel, C. E. (2020). Revisión de la eficiencia de una macrófita en la disminución de parámetros físico químicos en aguas residuales de piscigranja y matadero. <http://200.121.226.32:8080/handle/20.500.12840/3209>

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. Valor, E. L., & Agua, D. (s. f.). Datos y cifras Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021. http://esacc.corteconstitucional.gob.ec/storage/api/v1/10_DWL_FL/e2NhcnBldGE6J2VzY3JpdG8nLCB1dWlkOicyYmVmOTc2NC0wNWJiLTRiNjgtOWRmNi02MzQyZWl0YmJjMmQucGRmJ30=

V. Kanchana, P. Manoj Kumar, P. Suresh Kumar, I. Kathir, R. Thirumalai, D. Priya, R. Puviarasi, M. Mohan Prasad, Investigating underground water salinity in east coastline of Tamil Nadu, India and improving its quality through solar assisted desalination, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095523000342?via%3Dihub>

UNESCO. (2021). Datos y cifras Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021. https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2021/09/SDG6_Indicator_Report_63_2_Progress-on-Ambient-Water-Quality_2021_Executive-Summary_ES.pdf

6. ANEXOS

ANEXO I: Certificado de originalidad Turnitin

F_AA_236

**CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Quito, D.M. 20 de febrero de 2024

De mi consideración:

Yo, Santiago Stalin Guerra Salcedo, en calidad de Director del Trabajo de Integración Curricular titulado "Evaluación de la calidad de agua de las vertientes Paki Poggio y Shushurí, ubicadas en la provincia de Tungurahua", componente "Determinación de la calidad de las fuentes Shushurí" elaborado por la estudiante Cesar Leonardo Muzo Muzo de la carrera en RRA20 Tecnología Superior en Agua y Saneamiento Ambiental, certifico que he empleado la herramienta Turnitin para la revisión de originalidad del documento escrito secciones: resumen, abstract, introducción, metodología, discusión y resultados, conclusiones y recomendaciones, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del 11%.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo la interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el informe generado por la herramienta Turnitin.

Atentamente,



Santiago Guerra Salcedo
Docente
ESFOT

Tesis_ Cesar Muzo Tesis Final		INFORME DE ORIGINALIDAD	
11 %	10 %	3 %	3 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
FUENTES PRIMARIAS			
1	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante		1 %
2	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet		1 %
3	repositorio.uisek.edu.ec Fuente de Internet		1 %
4	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet		<1 %
5	1library.co Fuente de Internet		<1 %
6	hdl.handle.net Fuente de Internet		<1 %
7	www.coursehero.com Fuente de Internet		<1 %
8	www.slideshare.net Fuente de Internet		<1 %
9	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet		<1 %
10	cunori.edu.gt Fuente de Internet		<1 %
11	dokumen.pub Fuente de Internet		<1 %
12	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet		<1 %
13	dspace.espoch.edu.ec Fuente de Internet		<1 %
14	www.pref.kyoto.jp Fuente de Internet		<1 %
15	esacc.corteconstitucional.gob.ec Fuente de Internet		<1 %
16	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet		<1 %
17	es.slideshare.net Fuente de Internet		<1 %
18	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet		<1 %
19	vdocuments.es Fuente de Internet		<1 %
20	"Reacondicionamiento de edificios de oficinas mediante la integración de la agricultura y la reutilización de agua: hacia una construcción		<1 %
sostenible y autosuficiente", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2023 Publicación			
21	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet		<1 %
22	repositorio.tec.mx Fuente de Internet		<1 %
23	Submitted to Colegio Craigshouse Trabajo del estudiante		<1 %
24	documents.mx Fuente de Internet		<1 %
25	www.researchgate.net Fuente de Internet		<1 %
26	repositorio.ute.edu.ec Fuente de Internet		<1 %
27	s3-eu-west-1.amazonaws.com Fuente de Internet		<1 %
28	mesadeayuda.ambiente.gob.ec Fuente de Internet		<1 %
29	pdfs.semanticscholar.org Fuente de Internet		<1 %
30	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet		<1 %
31	www.jove.com Fuente de Internet		<1 %
32	patents.google.com Fuente de Internet		<1 %
33	idoc.pub Fuente de Internet		<1 %
34	www.qcaambiental.santafe-conicet.gov.ar Fuente de Internet		<1 %
35	KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.. "EIA del Proyecto Constanca-IGA0000697", R.D. N° 390-2010-MEM-AAM, 2020 Publicación		<1 %
36	Submitted to Universidad Manuela Beltrán Trabajo del estudiante		<1 %
37	buleria.unileon.es Fuente de Internet		<1 %
38	acidos.co Fuente de Internet		<1 %
39	www.investigarmqr.com Fuente de Internet		<1 %
40	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante		<1 %
41	www.docivvy.com Fuente de Internet		<1 %
42	www.scribd.com Fuente de Internet		<1 %

43	es.unionpedia.org Fuente de Internet	<1 %	53	contaminacion.ecoportal.net Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.uteq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %	54	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
45	www.aresco.com Fuente de Internet	<1 %	55	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
46	www.biomin.net Fuente de Internet	<1 %	56	kipdf.com Fuente de Internet	<1 %
47	www.icasaninet.net Fuente de Internet	<1 %	57	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
48	myslide.es Fuente de Internet	<1 %	58	repositorio-aberto.up.pt Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %	59	repositorio.esпам.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
50	Isidro Gutiérrez Cruz, Edgar Rivera Carrión, Gloria Roldán Reascos. "Análisis de la calidad de los efluentes de los biodigestores en los lodges ubicados en la zona alta de la Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno", Enfoque UTE, 2016 Publicación	<1 %	60	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
51	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %	61	revistas.usfq.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
52	cdigital.uv.mx Fuente de Internet	<1 %	62	lookformedical.com Fuente de Internet	<1 %
			63	Justeth E. Chancay, Oscar Lucas-Solis, Daniela Alvear-S, Dayana Martínez-R et al. "Integrating multiple lines of evidence to assess freshwater ecosystem health in a tropical river basin", Environmental Pollution, 2021 Publicación	<1 %
<p>Excluir citas Activo Excluir coincidencias Apagado</p> <p>Excluir bibliografía Activo</p>					

Anexo II. Análisis Arsénico

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
¹⁰³ Arsénico	PE-N-63 EPA 7062 A. Absorción atómica. Generador de hidruros	mg/L	0,016


SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed: Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

Acreditaciones:


¹⁰³ Parámetro no acreditado
¹⁰³ Parámetro medido in campo
 Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
 La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
 La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
 El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
 En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
 Prohibida la reproducción parcial de este informe



Revisado por: MSc. Luis Montenegro
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carolina Fierro
RESPONSABLE DE CALIDAD

F-PG-G-07-05

Página 1 de 1

Versión 00
Vigencia: 2021-07-23

Anexo III. Determinación de los parámetros para determinar el ICA Global

Potencial hidrogeno

Entre 6.7 y 7.3 pH= 100

Turbidez

$$IT = 108(T)^{-0,178}$$

Alcalinidad

$$IA = 105(A)^{-0,186}$$

Nitratos

$$IN - NO3 = 162(2,7)^{-0,343}$$

Nitrógeno amoniacal

$$INH3 = 45,8(0.6)^{-0,43}$$

Dureza total

$$IDT = 10^{1,974-0,0174(408,87)}$$

Coliformes Fecales

$$IEc = 97,5[5(1,1)]^{-0,27}$$

Oxígeno Disuelto

$$IOD = \frac{5,57}{83,13} \times 100$$

Fosfatos

$$IPO4 = 34,215(1,1)^{-0,46}$$

Anexo IV. Determinación de las concentraciones del HCl

Concentración del HCl al 19 %

$$\frac{19 \text{ g HCL}}{100 \text{ g}} \times \frac{1100 \text{ g densidad}}{1 \text{ ml}} \times \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 5730 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \text{HCl}$$

$$N = \text{equi} \cdot M$$

$$N = 1 \cdot 5730M$$

Disolución 1: 100

$$C1 \cdot V1 = C2 \cdot V2$$

$$C1 \cdot 100 \text{ ml} = 5730N \cdot 1 \text{ ml}$$

$$C1 = 57,3N$$

Anexo V. Dosificación Real

Concentración final

$$C1 \cdot V1 = C2 \cdot V2$$

$$C1 \cdot 100ml = 57,3N \cdot 3,5ml$$

$$C1 = 2,01N$$

Volumen del reductor de pH

$$C1 \cdot V1 = C2 \cdot V2$$

$$5730N \cdot V1 = 2,01N \cdot 10000ml$$

$$C1 = 3,65 ml$$

Anexo VI. Determinación del Índice de calidad del Agua (ICA)

Uso de acuicultura

Suma total W_i

$$\Sigma W_i = 34$$

ICA:

$$\frac{(119 \times 5) + (35,5 \times 5) + (117,36 \times 3) + (61,53 \times 1) + (6,7 \times 5) + (57,025 \times 3)}{34} \dots$$

$$\frac{(7,3 \times 10^{-6} \times 5) + (32,75 \times 3) + (100 \times 4)}{34}$$

Uso recreativo

Suma total W_i

$$\Sigma W_i = 26$$

ICA:

$$\frac{(119 \times 5) + (35,5 \times 3) + (117,36 \times 3) + (61,53 \times 4) + (6,7 \times 3) + (57,025 \times 1)}{26} \dots$$

$$\frac{+(7,3 \times 10^{-6} \times 1) + (32,75 \times 1) + (100 \times 5)}{26}$$

Anexo VII. Cálculos Aireador

Determinación de la relación deficitaria de oxígeno

$$R = \frac{C_s - C_o}{C_s - C}$$

Donde:

Cs= Concentración de saturación de O2 a Tº (mg/L)

Co= Concentración Inicial de o2 del agua (mg/L)

C=Concentración Final esperada de O2

$$R = \frac{9,3 - 5,65}{9,3 - 8,8} = 7,5$$

Fórmula para la determinación de la altura Total

$$H = \frac{R-1}{0,381 \times a \times b \times (1+0,046 \times T)}$$
$$H = \frac{7,65 - 1}{0,381 \times (1,25) \times (1,3) \times (1 + 0,046 \times 17,95)} = 0,58m$$