



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA
CONSUMO EN LA COMUNIDAD SHUNGUBUG, PARROQUÍA
FLORES, CANTÓN RIOBAMBA.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORA:

ALISSON NAYELY BONILLA LÓPEZ

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA
CONSUMO EN LA COMUNIDAD SHUNGUBUG, PARROQUÍA
FLORES, CANTÓN RIOBAMBA.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORA: ALISSON NAYELY BONILLA LÓPEZ

DIRECTORA: ING. MÓNICA LILIÁN ANDRADE AVALOS

Riobamba – Ecuador

2023

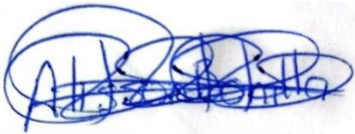
© 2024, Alisson Nayely Bonilla López

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Alisson Nayely Bonilla López, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.


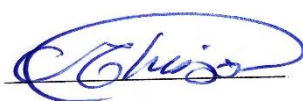
Riobamba, 09 de marzo de 2024



Alisson Nayely Bonilla López
230004153-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO EN LA COMUNIDAD SHUNGUBUG, PARROQUIA FLORES, CANTÓN RIOBAMBA.**, realizado por la señorita: **ALISSON NAYELY BONILLA LÓPEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Camilo Pavel Haro Barroso PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-02-20
Ing. Mónica Lilián Andrade Avalos DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-02-20
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-02-20

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profundo agradecimiento a mi madre María, quien nunca me dejó sola y siempre estuvo a mi lado, brindándome apoyo para levantarme en cada tropiezo. A mis hermanos y a mi padre, compañeros incondicionales a lo largo de todo el proceso, y en particular a mi hermano Bryan, quien nunca permitió que me rindiera, sin importar lo doloroso o difícil que fuera el camino. A mis tíos Alex y Víctor, a quienes considero como mis segundos padres, ya que sin su constante apoyo y creencia en mí, no estaría donde estoy ahora. A mis amigos que han hecho que esta etapa universitaria sea más llevadera, a Nicolle por su cuidado durante mis momentos de enfermedad y su apoyo en cada locura. También dedico este trabajo a mis ingenieros, quienes con paciencia me guiaron por el camino correcto. En suma, esta dedicación se extiende a todos aquellos que compartieron un pedacito de su vida conmigo.

Alisson

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mi madre, quien ha sido una fuente inagotable de apoyo y comprensión; sin ella, no habría llegado hasta donde estoy. También quiero expresar mi gratitud a mis hermanos y a mi padre por sus palabras alentadoras y su apoyo constante a lo largo de este proceso. Mi familia ha sido un pilar fundamental, siempre respaldándome y evitando que me rindiera. Agradezco a Dios, ya que gracias a Él, he logrado concluir mi carrera. No puedo dejar de mencionar a mis amigos, quienes fueron un sólido apoyo durante todo este trayecto, convirtiendo esta etapa en una experiencia verdaderamente hermosa.

Alisson

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY / ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II	4
2. Marco teórico.....	4
2.1 Antecedentes de investigación.....	4
2.2 Referencias Teóricas	5
2.2.1 Agua potable	5
2.2.2 Agua cruda	5
2.2.3 Agua superficial	6
2.2.4 Agua subterránea.....	6
2.2.5 Índice de calidad del agua	6
2.2.6 Calidad del agua	7

2.2.7	Enfermedades hídricas.....	8
2.2.8	Parámetros de calidad del agua.....	8
CAPÍTULO III.....		13
3.	MARCO METODOLÓGICO	13
3.1	Tipo de estudio.....	13
3.2	Ingeniería del proyecto.....	13
3.2.1	Muestreo.....	13
3.2.2	Caracterización del agua.....	13
3.2.3	Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en aguas....	15
3.3	Área de estudio	27
3.4	Transporte, preservación y almacenamiento de las muestras.....	29
3.5	Alternativa de tratabilidad	29
3.6	Cálculo del ICA	30
CAPÍTULO IV		32
4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	32
4.1	Caracterización física, química y microbiológica del agua.....	32
4.2	Comparación de resultados con la norma NTE INEN 1108.....	33
4.3	Análisis de resultados	34
4.4	Alternativa de tratabilidad	34
4.4.1	Eliminación del flúor.....	34
4.5	Aplicación de la tratabilidad del flúor	35
4.5.1	Concentraciones	35
4.5.2	Tratamiento con fosfato tricálcico	36
4.5.3	Tratamiento con alúmina.....	36
4.5.4	Tratamiento de agua con cal.....	37
4.5.5	Tratamiento con carbón activado.....	37

4.5.6	Diagrama de barras de la disminución de la concentración del flúor	37
4.6	Cálculo del ICA	40
4.6.1	Propuesta de Tratabilidad	42
4.7	Análisis y discusión de resultados	44

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3: Parámetros de calidad de fuentes de agua para consumo humano.	14
Tabla 2-3: Parámetros y unidades de calidad para agua utilizados en los análisis in situ	16
Tabla 3-3: Parámetros y unidades de calidad para agua utilizados en los análisis en el laboratorio. 26	
Tabla 4-3: Pesos asignados a cada variable del ICA – NSF.	31
Tabla 5-3: Clasificación del ICA – NSF.	31
Tabla 6-4: Parámetros, unidad y muestras realizadas en los análisis in situ.	32
Tabla 7-4: Parámetros, unidades y muestras realizadas en los análisis en el laboratorio.	32
Tabla 8-4: Comparación de resultados con la Norma NTE INEN 1108 de los análisis realizados In Situ	33
Tabla 9-4: Comparación de resultados con la Norma NTE INEN 1108 de los análisis realizados en el laboratorio de tratamientos de aguas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. .	33
Tabla 10-4: Tratamiento con Fosfato Tricálcico	36
Tabla 11-4: Tratamiento con Alúmina	36
Tabla 12-4: Tratamiento con agua con cal	37
Tabla 13-4: Tratamiento con carbón activo.....	37
Tabla 14-4: Pesos asignados a cada variable del ICA – NSF.	40
Tabla 15-4: Determinación del ICA – NSF en la Muestra 1.....	40
Tabla 16-4: Determinación del ICA – NSF en la Muestra 2	41
Tabla 17-4: Determinación del ICA – NSF en la muestra 3.....	41
Tabla 18-4: Determinación del ICA – NSF.....	42
Tabla 19-4: Clasificación del ICA – NSF.	42
Tabla 20-4: Propuesta de Tratabilidad para optimizar el agua de consumo humano en la parroquia Flores.	43

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-3: Ubicación de la Parroquia Flores.....	27
Ilustración 2-3: Vertientes Pilishuaco de Cebada y Alao Pungala Coordenadas, 1°51'11.0"S 78°37'54.0"W 49W9+Q8H Flores.....	28
Ilustración 3-3: Vertiente Chililing Flores, coordenadas 1°48'41.1"S 78°39'22.7"W, 58QV+CFP Flores	28
Ilustración 4-4. Tratamiento del Flúor con Fosfato Tricálcico a 1000 ppm	38
Ilustración 5-4. Tratamiento del Flúor con Alúmina a 375 ppm	38
Ilustración 6-4. Tratamiento del Flúor con CAL a 1000 ppm	39
Ilustración 7-4. Tratamiento del Flúor con Carbón Activado a 1000 ppm.	39

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: TOMA DE LAS MUESTRAS EN LOS DIFERENTES PUNTOS

ANEXO B: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS

ANEXO C: CÁLCULO DEL *DB05* Y OD

ANEXO D: CAPACITACIÓN A LOS POBLADORES DE LA PARROQUIA FLORES

ANEXO E: APLICACIÓN DE LA TRATABILIDAD

ANEXO F: ASISTENCIA A LA CAPACITACIÓN

ANEXO G: CAPACITACIÓN A LOS ENCARGADOS DE LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

RESUMEN

En las comunidades rurales de Ecuador, 8 de cada 10 niños indígenas carecen simultáneamente de agua segura, saneamiento básico e insumos de higiene en sus hogares. La falta de acceso a este derecho repercute principalmente en la salud de los niños. Consumir agua si está contaminada con microorganismos y lombrices intestinales de los desechos humanos y animales, puede traer graves consecuencias, el objetivo del presente proyecto fue determinar el Índice de Calidad del Agua para Consumo en la comunidad Shungubug, Parroquia Flores, Cantón Riobamba. Los resultados obtenidos de Índice de Calidad del Agua promediaron un valor de 77,33, teniendo un color verde, el cual según la clasificación de ICA – NSF fue buena. La caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo en la comunidad Shungubug según la norma INEN 1108: 2006, en la cual se obtuvo que el Flúor y los coliformes fueron los únicos parámetros fuera de norma y al ser cancerígeno debió ser tratado con las alternativas de tratabilidad que se establecieron, la caracterización del agua en base a la normativa INEN 1108:2006 para validar la tratabilidad más adecuada, dando como mejor resultado la alúmina, con una concentración de 375 ppm, sin afectar el pH, permitiendo el consumo del agua a la comunidad. En este contexto se concluyó en una capacitación a las personas encargadas del mantenimiento del sistema de distribución de agua de consumo en las comunidades y cada poblador de la comunidad, estableciendo que deben dosificar sus tanques de almacenamiento antes de consumir el agua en la comunidad Shungubug, Parroquia Flores, Cantón Riobamba.

Palabras clave: <AGUA>, <TRATAMIENTO>, <ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA)>, <COMUNIDAD>, <CONSUMO>.


0792-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

In rural communities in Ecuador, 8 out of 10 indigenous children simultaneously lack safe water, basic sanitation and hygiene inputs in their homes. The lack of access to this right has a major impact on children's health. Consuming water that is contaminated with microorganisms and intestinal worms from human and animal waste can have serious consequences. The objective of this project was to determine the Water Quality Index for Consumption in the Shungubug community, Flores Parish, Riobamba Canton. The results obtained for the Water Quality Index averaged a value of 77.33, with a green color, which according to the ICA - NSF classification was good. The physicochemical and microbiological characterization of drinking water in the Shungubug community according to INEN 1108: 2006, showed that fluoride and coliforms were the only parameters outside the standard, and since they are carcinogenic, they had to be dealt with the treatment alternatives established. The water characterization based on INEN 1108:2006 standards validated the most appropriate treatability, with the best result being alumina, with a concentration of 375 ppm, without affecting the pH, allowing the community to consume the water. In this context, we concluded with a training to the people in charge of the maintenance of the water distribution system in the communities and each inhabitant of the community, establishing that they should dose their storage tanks before consuming the water in the Shungubug community, Flores Parish, Riobamba Canton.

Keywords: <WATER>, <TREATMENT>, <WATER QUALITY INDEX (WQI)>, <COMMUNITY>, <CONSUMPTION>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.
Ced: 1103696132

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua de vertiente emerge como un factor crítico en el aseguramiento de recursos hídricos seguros y saludables para el consumo humano. Las vertientes, al ser fuentes naturales que brotan del subsuelo, desempeñan un papel esencial en la provisión de agua potable en muchas regiones. La preocupación por la calidad de estas aguas radica en la necesidad de garantizar que cumplan con los estándares requeridos para el consumo humano, abordando parámetros cruciales que afectan tanto la salud como la seguridad de las comunidades que dependen directamente de estos recursos.

La evaluación de la calidad del agua de vertiente implica la consideración de diversos factores, desde características geológicas y topográficas hasta la posible contaminación antropogénica. La variabilidad estacional, la presencia de agentes patógenos y los niveles de nutrientes son elementos fundamentales para analizar en este contexto. La importancia de mantener niveles adecuados de pureza en las vertientes se acentúa en la prevención de enfermedades transmitidas por el agua y en la preservación del acceso sostenible a un recurso vital para la salud pública.

En este contexto, la presente introducción explorará la complejidad de la calidad del agua de vertiente en relación con el consumo humano. Se abordarán los desafíos actuales, los métodos de evaluación y monitoreo, así como la implementación de medidas efectivas para garantizar la seguridad y la pureza del agua que proviene de estas fuentes naturales, destacando la necesidad de enfoques holísticos y colaborativos para enfrentar esta cuestión en la gestión del agua.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

El agua es un elemento vital para la vida; se necesita suficiente agua para mantener una buena salud, y el agua debe ser potable. Consumir agua si está contaminada con microorganismos y lombrices intestinales de los desechos humanos y animales, puede traer graves consecuencias (Ambiental, 2011, pág. 2).

En las comunidades rurales de Ecuador, 8 de cada 10 niños indígenas carecen simultáneamente de agua segura, saneamiento básico e insumos de higiene en sus hogares. La falta de acceso a este derecho repercute principalmente en la salud de los niños (UNICEF, 2021, pág. 1).

En la comunidad de Shungubug, ubicada en la Parroquia Flores del Cantón Riobamba, no hay acceso a un suministro de agua potable establecido. Como resultado, los residentes obtienen agua directamente de una fuente natural, pero no se ha realizado un análisis completo de las propiedades físicas y químicas de este recurso hídrico. La falta de caracterización adecuada plantea preocupaciones en términos de salud pública, ya que es esencial entender las condiciones en las que se encuentra el agua antes de su consumo para prevenir posibles problemas de salud.

1.2 Justificación

El agua es vía de transporte de contaminantes químicos y biológicos que pueden provocar enfermedades de diversa gravedad a los seres humanos, para lo cual se hace imprescindible analizar la calidad de las aguas, mediante análisis químicos, físicos y bacteriológicos (Orellana, 2005, pág. 1).

La insuficiencia de agua potable para beber, cocinar y realizar tareas de higiene puede dar lugar a enfermedades, especialmente si no es posible realizar el lavado de manos; esto puede facilitar la rápida propagación de enfermedades hídricas entre individuos. Además, la carencia de agua para la higiene personal puede dar lugar a infecciones en la piel y los ojos. La escasez de agua también puede ocasionar deshidratación y, en casos extremos, incluso llevar a la pérdida de vidas humanas (Ambiental, 2011, pág. 2).

Considerando las posibles ramificaciones de la escasez de agua potable, el presente estudio técnico sugiere llevar a cabo un análisis exhaustivo de la calidad del agua. Este estudio tiene como objetivo principal caracterizar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua utilizada para el consumo humano. Estos análisis se llevarán a cabo en un entorno de laboratorio, siguiendo las pautas establecidas por la normativa INEN 1108:2006. Este enfoque garantiza que el agua se ajuste a los estándares especificados en dicha norma, asegurando así su idoneidad para el consumo humano.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Determinar el Índice de Calidad del Agua para Consumo en la comunidad Shungubug, Parroquia Flores, Cantón Riobamba.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del sistema de abastecimiento del agua de consumo de la comunidad Shungubug, Parroquia Flores, Cantón Riobamba.
- Determinar los puntos de muestreo a lo largo del sistema para el estudio de la calidad del agua de consumo en la comunidad.
- Realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo en la comunidad Shungubug según la norma INEN 1108: 2006.
- Establecer alternativas de tratabilidad adecuadas para un buen funcionamiento del sistema de distribución de agua de consumo en la comunidad.
- Caracterizar el agua en base a la normativa INEN 1108:2006 para validar la tratabilidad más adecuada.
- Realizar una capacitación a las personas encargadas del mantenimiento del sistema de distribución de agua de consumo en las comunidades.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

Ecuador, situado en América del Sur, destaca por su variada geografía y ecosistemas que albergan abundantes recursos hídricos. A pesar de ello, el acceso y la calidad del agua cruda han generado inquietudes en ciertas áreas del país, como la comunidad Shungubug. En este lugar, la práctica de consumir agua directamente de la vertiente ha ocasionado diversos problemas, incluyendo desafíos relacionados con la desnutrición y la salud entre los habitantes de la comunidad.

El informe, titulado "Análisis de la calidad del agua para consumo humano en entornos rurales", investigó la calidad del agua en varias comunidades rurales, incluida la comunidad de Shungubug en el estado de Riobamba. En este estudio se evaluaron parámetros tanto fisicoquímicos como microbiológicos para valorar la idoneidad del agua para el consumo humano y determinar la posible presencia de contaminantes (Carreño-Mendoza et al. 2019, p. 6).

Tras la decadencia del Imperio Romano, se abandonó el uso de acueductos. Del 500 al 1500 d.C., el progreso en los sistemas de tratamiento de agua se estancó. En la Edad Media, existían muchos problemas sanitarios asociados con los sistemas de racionamiento de agua y plomo, ya que los desechos y residuos se vertían directamente a los cuerpos de agua. La ingestión de estas aguas provocó enfermedades y muerte entre la población. Para evitar tales situaciones, era conveniente utilizar fuentes de agua pura en los suburbios de las ciudades y transportar el agua a las zonas urbanas mediante los llamados buques de transporte (Universidad de Cuenca, n.d., pág. 10).

Alrededor de 1804, John Gibb comenzó a construir el primer sistema integral de suministro de agua potable para toda la ciudad en Paisley, Escocia. Tres años después, se empezó a transportar agua filtrada a la ciudad de Glasgow. En 1806 se construyó en París la instalación de tratamiento de agua más grande de la época. En este proceso el agua se deja reposar 12 horas antes de ser filtrada. El filtro utilizado fue de arena y carbón y tuvo una capacidad de limpieza de 6 horas. Fue en 1827 cuando el británico James Simpton desarrolló un filtro de arena para la purificación del agua potable, considerado el primer sistema de salud pública eficaz y que todavía se utiliza en la actualidad (Universidad de Cuenca, n.d., pág. 10).

La falta de acceso al agua potable en los países en desarrollo es un desafío creciente en todo el mundo. Por lo tanto, es importante explorar alternativas nuevas y efectivas que tengan el potencial de mejorar la calidad del agua para consumo humano de manera accesible y práctica, especialmente en comunidades marginadas. Los procesos de floculación y floculación ofrecen la posibilidad de eliminar partículas suspendidas y coloidales cubriendo aspectos como la turbidez (Ramírez Arcila & Jaramillo Peralta, 2016, pág. 2).

El Ministerio de Salud Pública de Ecuador ha publicado documentos normativos y regulaciones relacionados con la pureza del agua destinada al consumo humano, entre ellos se encuentra la Regulación Nro. DIR – ARCA – RG – 012 – 2022 y la ESTRATEGIA NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA. Estas directrices establecen los estándares de calidad y los límites máximos permitidos para sustancias contaminantes en el agua potable, con el propósito de proteger la salud de la población.

2.2 Referencias Teóricas

2.2.1 *Agua potable*

La deshidratación es algo común en estos tiempos, a pesar de que el 66% de la superficie de la Tierra está compuesta de agua, no toda es consumible debido a la mayor parte es agua salada. Menos del 2,5% de toda el agua de la Tierra es agua dulce y la mayor parte está atrapada en los glaciares polares, por lo que sólo una pequeña porción está disponible para satisfacer diversas necesidades humanas (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010, pág. 8).

La disponibilidad de agua potable es un problema persistente a nivel global, especialmente para las poblaciones desfavorecidas. El acceso a este recurso es influenciado por diversos factores complejos, que abarcan desde la disponibilidad local del agua hasta su calidad y las consideraciones económicas relacionadas con su obtención. Aproximadamente, 1600 millones de personas enfrentan limitaciones en el acceso al agua, incluso cuando esta está disponible a nivel local (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010, pág. 8).

2.2.2 *Agua cruda*

El término "agua cruda" se refiere al agua obtenida de fuentes subterráneas o aéreas que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento y no está incluida en la red de distribución de un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano (Página 1 de 17, 2022, pág. 7).

2.2.3 Agua superficial

Aunque el agua superficial que fluye alrededor de la Tierra es sólo una pequeña porción del agua total de la Tierra, es extremadamente importante para la vida. Su importancia radica en su baja concentración de sales disueltas, en marcado contraste con el agua de mar, que se clasifica como agua dulce. Generalmente, estas aguas provienen directamente de las precipitaciones que caen de las nubes o de los depósitos que forman las nubes. Bajo la influencia de la gravedad, los ríos fluyen hasta desembocar en lugares sin canales de drenaje, como océanos o lagos (Las Aguas Superficiales : Ríos, n.d., pág. 2).

2.2.4 Agua subterránea

Parte del agua precipitada, a pesar de que sea en forma de lluvia, nieve o granizo, fluye sobre la superficie de la tierra y forma ríos. A esto se le llama escorrentía superficial. En cambio, otra parte se hunde en el suelo y ocupa el espacio entre las partículas y las grietas. Cuando estos espacios se saturan, el agua fluye por gravedad hacia manantiales, ríos y océanos, creando escorrentías subterráneas (Fuentes, 2017, pág. 2).

Existe una estrecha relación entre el agua superficial y el agua subterránea, ya que el agua subterránea a menudo se origina en pozos o manantiales y luego sigue la superficie de la tierra. Por el contrario, el agua superficial puede filtrarse al suelo y ser absorbida por el agua subterránea. Los ríos superficiales a menudo actúan como canales naturales para los ríos subterráneos, lo que explica por qué los ríos mantienen su caudal incluso en ausencia de precipitaciones importantes durante largos períodos de tiempo (Fuentes, 2017, pág. 2).

2.2.5 Índice de calidad del agua

El Índice de Calidad del Agua propuesto por Brown representa una adaptación del "WQI", originalmente concebido por la Fundación de Sanidad Nacional de EE. UU. (NSF). Este índice, también conocido como el Índice de Calidad del Agua (ICA) en español, fue desarrollado por la NSF con el objetivo de establecer un sistema que permitiera la comparación de la calidad del agua en diferentes ubicaciones a lo largo del país (Limon & Webb, 1964, pág. 1).

Este índice, concebido en 1970, goza de una amplia aceptación y se emplea extensamente entre los diversos índices de calidad de agua disponibles. Su utilidad se extiende a la medición de cambios en la calidad del agua en segmentos específicos de ríos a lo largo del tiempo. Permite comparar la calidad del agua entre diferentes secciones de un mismo río y también facilita la comparación con la calidad del agua de diversos ríos en todo el mundo. Los resultados obtenidos son valiosos para determinar la salud de un tramo particular de un río (Limon & Webb, 1964, pág. 1).

Para la determinación del “ICA” interviene 9 parámetros, los cuales son:

- Coliformes Fecales
- pH
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días
- Nitratos
- Fosfatos
- Cambio de la Temperatura
- Turbidez
- Sólidos disueltos totales
- Oxígeno disuelto

2.2.6 *Calidad del agua*

La calidad del agua puede interpretarse, desde una perspectiva funcional, como la capacidad inherente del agua para cumplir con los usos que podrían derivarse de ella. O, desde una perspectiva ambiental, según lo define la propuesta de la Directiva Marco de las Aguas (a la que nos referiremos más adelante en su sección específica), como las condiciones que deben existir en el agua para que sostenga un ecosistema equilibrado y alcance ciertos objetivos de calidad (calidad ecológica). También puede entenderse como el conjunto de atributos físicos, químicos y microbiológicos que la caracterizan, entre otros aspectos (Bosch, 1999, pág. 1).

Las características del agua pueden ser alteradas tanto por causas naturales como por influencias externas. Cuando los factores externos que afectan negativamente la calidad natural del agua no forman parte del ciclo hidrológico, se utiliza el término contaminación. Abordar la prevención, control y resolución de los problemas derivados de la contaminación del agua representa uno de

los objetivos fundamentales que debe incluirse en cualquier estrategia avanzada de gestión de recursos hídricos (Bosch, 1999, pág. 1).

2.2.6.1 Análisis físico – químico

El análisis físico del agua proporciona información sobre sus propiedades físicas y su composición química. Es esencial evaluar varios parámetros fisicoquímicos con el propósito de verificar si sus valores cumplen con los estándares establecidos por la legislación vigente, con el fin de evaluar la calidad del recurso hídrico (Guachichullca et al., 2022, pág. 37).

2.2.6.2 Análisis microbiológico

Las coliformes son una categoría de bacterias que se hallan comúnmente en plantas, suelos y diversos animales, incluyendo a los seres humanos. La presencia de estas bacterias es un indicador de que el agua podría estar contaminada con aguas residuales u otros desechos en descomposición. Por lo general, las bacterias coliformes se encuentran en mayores concentraciones en la capa superficial del agua o en los sedimentos del lecho. La contaminación fecal ha sido y continúa siendo el principal riesgo sanitario en el agua, ya que conlleva la introducción de microorganismos patógenos capaces de ocasionar enfermedades en la salud humana. Por esta razón, el control sanitario de los riesgos microbiológicos se revela como una medida esencial para preservar un nivel adecuado de salud en la población (Ramos-Ortega et al., 2010, pág. 3).

2.2.7 Enfermedades hídricas

Los riesgos epidemiológicos asociados al consumo de agua contaminada con patógenos altamente virulentos, tales como los que provocan el cólera, la fiebre tifoidea o la hepatitis viral, así como la presencia de otras enfermedades de origen hídrico derivadas de la contaminación microbiológica de las fuentes de agua para consumo humano, generan un considerable impacto en la población. Un ejemplo de ello es la epidemia de cólera que surgió en 1991 y se propagó a 21 países, causando 1,207,000 casos hasta 1997. Estas enfermedades resultan de la ingestión de agua contaminada con orina, residuos fecales de humanos o animales, desechos industriales y la presencia de microorganismos y sustancias patogénicas (Caso, n.d., pág. 1).

2.2.8 Parámetros de calidad del agua

2.2.8.1 Parámetros físicos del agua

Color: La presencia de color en el agua puede originarse a partir de vertidos de residuos, la existencia de compuestos metálicos, sólidos en suspensión o la descomposición de materia vegetal y bacterias. La noción de color se divide en dos categorías: el color verdadero, que representa el tono del agua después de haber eliminado la turbidez; y el color aparente, que abarca no solo el color ocasionado por sustancias disueltas, también abarca las materias en suspensión y esto determina en la muestra original sin filtrar o centrifugar. Esta contribución puede ser significativa en ciertos efluentes industriales, situaciones en las cuales es necesario medir ambos colores. La determinación del color puede llevarse a cabo mediante espectrofotometría o mediante una evaluación visual comparativa, siendo esta última opción más directa y consistente en comparar la muestra con soluciones coloreadas de concentraciones conocidas (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas, pág. 4).

Olor: El agua sin impurezas no tiene olor, ya que los olores surgen a partir de compuestos químicos presentes en el agua, tales como fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materia orgánica en descomposición o sustancias liberadas por algas u hongos, aunque estén presentes en concentraciones mínimas. Los sabores salados o metálicos en el agua suelen ser resultado de la presencia de sales o minerales, a veces sin estar acompañados de ningún olor perceptible (Ada y Martel, pág. 9).

Turbidez: La turbidez constituye una evaluación del nivel de opacidad en los cuerpos de agua debido a la presencia de partículas en suspensión, que pueden ser arcilla, limo, organismos planctónicos, así como materia orgánica e inorgánica. Las partículas suspendidas absorben calor proveniente de la luz solar, lo que resulta en un aumento de la temperatura en las aguas turbias y una disminución en la concentración de oxígeno en el agua (Guachichullca et al., 2022, pág. 39–40).

Temperatura: La cantidad de oxígeno que el agua puede transportar se ve influenciada por la temperatura. En aguas a temperaturas más bajas, se transporta una mayor cantidad de oxígeno, siendo esencial para la supervivencia de todos los organismos acuáticos. La falta de vegetación es uno de los factores que contribuyen al aumento de la temperatura en los ríos (Guachichullca et al., 2022, pág. 39).

Densidad: La densidad del agua en estado líquido es notablemente constante y experimenta mínimas variaciones frente a alteraciones en la temperatura y presión. A una presión estándar de 1 atmósfera, el agua líquida presenta su densidad mínima a una temperatura de 100 °C, con un valor aproximado de 0,958 Kg/l. A medida que la temperatura disminuye, la densidad del agua

aumenta de manera continua hasta llegar a los 3,8 °C, momento en el cual alcanza una densidad de 1 Kg/l (Proveedores, Aptitud y Calidad 2010, pág. 2).

Conductividad: La conductividad eléctrica se refiere a la habilidad del agua para transmitir una corriente eléctrica mediante los iones presentes en su disolución, donde los sólidos se encuentran naturalmente en estado disuelto. Entre los iones más positivos destacan el sodio, calcio, potasio y magnesio (Guachichullca et al., 2022, pág. 37).

Sólidos: En términos generales, se refiere a materiales suspendidos presentes tanto en aguas limpias como en aguas residuales, manifestándose en diversas formas como materia flotante, suspendida, coloidal y disuelta. La clasificación según el tamaño incluye sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos sedimentables y sólidos volátiles. Una concentración elevada de estos materiales tiene un impacto negativo en la calidad del agua, ya que dificulta su tratamiento (Guachichullca et al., 2022, pág. 37).

2.2.8.2 *Parámetros químicos del agua*

pH: La medición del pH encuentra una amplia aplicación tanto en el ámbito de las aguas naturales como en el de las aguas residuales. Concentraciones elevadas de pH pueden resultar letales para los peces y causar alteraciones significativas en la flora y fauna debido a la desnaturalización de proteínas. El rango de pH compatible con la vida acuática oscila entre 5 y 9, aunque para la mayoría de las especies acuáticas, la zona óptima se encuentra entre 6.0 y 7.2 (Guachichullca et al., 2022, pág. 36).

Demanda química de oxígeno (DQO): El oxígeno desempeña un papel fundamental en la respiración celular de los organismos acuáticos, y su concentración varía en un rango de 0 a 15 mg/l. Una concentración elevada indica una buena calidad del agua, mientras que niveles más bajos impiden el desarrollo de organismos aeróbicos. La presencia de oxígeno en el agua proviene de diversas fuentes, siendo las más significativas la fotosíntesis de las plantas acuáticas, la agitación moderada y la difusión del aire en el agua. Además, su concentración se ve afectada por factores como la temperatura, presión, salinidad y el coeficiente de vapor (Guachichullca et al., 2022, pág. 38–39).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Es la cantidad de oxígeno presente en los microorganismos, como pueden ser las bacterias (aeróbicas o anaeróbicas), hongos y plancton, los cuales consumen durante el proceso de descomposición de sustancias orgánicas presentes en el cuerpo de agua. Esta medida se utiliza para evaluar el grado de contaminación. La DBOs

representa la cantidad de oxígeno necesaria, en las condiciones específicas del ensayo (incubación a 20°C en oscuridad durante 5 días), para lograr la degradación microbiana de la materia orgánica presente en la muestra (Organol & Fisiol, n.d., pág. 46).

Nitrógeno y derivados: Los iones de nitratos y nitritos forman parte del ciclo natural del nitrógeno, pero las actividades humanas aumentan sus niveles, especialmente en el suelo, debido a su solubilidad en agua. Esta característica hace que puedan alcanzar concentraciones significativas en ríos o cuerpos de agua subterránea. La nitrificación, proceso asociado con estos iones, está influenciada por factores como la temperatura, la presencia de oxígeno disuelto y el pH del agua. Las principales fuentes antropogénicas de nitratos y nitritos incluyen los tanques sépticos, las descargas de residuos animales (aves, ganado y peces) y la escorrentía de fertilizantes agrícolas y pesticidas (Guachichullca et al., 2022, pág. 40).

Fosforo y derivados: Los compuestos de fósforo actúan como nutrientes que estimulan el crecimiento de algas. La eutrofización está vinculada a la concentración de fosfato en el agua, y este fenómeno se desencadena, en parte, debido al uso de detergentes y sus derivados. En condiciones normales, las aguas naturales suelen contener cantidades de fosfatos inferiores a 1 mg/l (Guachichullca et al., 2022, pág. 40).

Cloro y cloruros: La cantidad de cloro presente en aguas de superficie no contaminadas generalmente oscila entre 20 y 40 mg/l, e incluso puede ser aún más baja. En el caso de ríos, es común observar un aumento en la concentración de cloro a medida que el curso fluvial avanza desde su origen hasta su desembocadura. En aguas subterráneas, las concentraciones pueden variar significativamente, especialmente debido a eventos de intrusión marina en acuíferos específicos (Organol & Fisiol, n.d., pág. 10).

Fluoruros: La cantidad de flúor en aguas naturales generalmente no excede el valor promedio en mg/l, aunque puede ser considerablemente más elevada en áreas volcánicas ricas en rocas con contenido de fluoruro y en ciertas aguas minerales. Debido a la baja solubilidad en rocas y minerales, la presencia de fluoruro en las aguas es relativamente limitada (Organol & Fisiol, n.d., págs. 12–13).

Sulfatos: Los sulfatos tienen aplicaciones en diversas industrias químicas, como en la fabricación de fertilizantes, pesticidas, colorantes, jabón, papel, vidrio y fármacos. También se utilizan como agentes de sedimentación, como el sulfato de aluminio, o para el control de algas en sistemas de agua, como el sulfato de cobre. Estos compuestos no son tóxicos en concentraciones normales, pero se ha observado un efecto laxante, acompañado de deshidratación e irritación

gastrointestinal, en casos de concentraciones muy elevadas (Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas, pág. 7).

2.2.8.3 Parámetros microbiológicos del agua

Coliformes fecales: Los coliformes fecales son microorganismos que se caracterizan por la capacidad de fermentar la lactosa a temperaturas de 44-45 °C. Este grupo abarca bacterias pertenecientes al género *Escherichia*, así como especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Aunque su origen suele ser fecal, las bacterias que dan una reacción positiva en esta prueba también pueden provenir de aguas enriquecidas, desechos industriales, material vegetal y suelo en proceso de descomposición. Por lo tanto, el término "coliformes fecales" puede no ser completamente preciso, y la Organización Mundial de la Salud (OMS) sugiere el uso del término "coliformes termorresistentes", (Ramos-Ortega et al. 2010b, p. 5).

Coliformes totales: Las bacterias coliformes representan una categoría de microorganismos que se encuentran en el entorno natural, la vegetación y el suelo, aunque su presencia es más destacada en el sistema digestivo de seres humanos y animales, donde se desarrollan especialmente en los desechos fecales (Ramos-Ortega et al., 2010, pág. 5).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de estudio

El presente proyecto, que tiene como objetivo determinar el índice de calidad del agua para consumo en una comunidad, es de carácter técnico y se basa en investigaciones previas de tipo teórico y práctico. Estas investigaciones permitirán definir las variables que se deben considerar en el estudio y las operaciones unitarias que se deben realizar para determinar el índice de calidad del agua.

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Muestreo

Antes de iniciar el proceso de recolección de muestras, se realizó una visita a la comunidad de estudio, estableciendo contacto e interactuando con los líderes y representantes responsables del suministro de agua en dicha localidad, que es el lugar designado para la toma de muestras. La recolección de muestras incluirá un reconocimiento de las fuentes de abastecimiento de agua, así como del tanque reservorio, y se tomarán muestras tanto en el punto de origen como en el extremo de la red de distribución de agua.

Para la recolección se tomarán 3 muestras por día, obteniendo un resultado de nueve muestras. El muestreo se llevará a cabo de acuerdo con la Norma INEN 1108:2006. Las muestras serán envasadas adecuadamente para su transporte a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo específicamente a la Facultad de Ciencias, donde serán sometidas a un proceso de caracterización en los laboratorios de investigación y calidad de agua, respectivamente.

3.2.2 Caracterización del agua

Las muestras de agua serán sometidas a análisis en los ya mencionados laboratorios, donde se llevará a cabo la caracterización de dicha agua, a través de la evaluación de múltiples parámetros. Entre los cuales se encuentran el pH, la conductividad eléctrica, el color, STD, cloruros, dureza, calcio, magnesio, alcalinidad, sólidos disueltos, suspendidos y totales, hierro, nitritos, nitratos,

fluoruro, arsénico, cadmio, plomo, mercurio, selenio, coliformes totales, coliformes fecales, turbiedad y olor.

Los resultados obtenidos en estos análisis se compararán con los límites permisibles establecidos por la norma INEN 1108, con el objetivo de determinar si la calidad del agua se encuentra dentro de los parámetros aceptables y seguros para su uso. Además, se realizará una validación de las posibles alternativas de tratamiento que podrían aplicarse en caso de detectarse la presencia de contaminantes o valores fuera de los estándares permitidos.

Tabla 1-3: Parámetros de calidad de fuentes de agua para consumo humano.

Parámetros	Unidad	Límite Máximo Permisible
Temperatura	°C	-----
Turbidez (NTU)	NTU	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	mg/l	6,5 – 8,5
Color	UTC	15
Conductividad	Mg/l	<1250
Cloruros	mg/l	250
Dureza	mg/l	300
Calcio	mg/l	70
Alcalinidad	mg/l	250 – 300
Sulfatos	mg/l	200
Amonios	mg/l	1,0
Nitritos	mg/l	0,0
Nitratos	mg/l	10
Fosfatos	mg/l	0,5
Hierro	mg/l	0,3
Manganeso	mg/l	0,1
Flúor	mg/l	1,5
Aluminio	mg/l	0,25
Cromo	mg/l	0,05
Solid. Suspensión	mg/l	-
Solid. Totales	mg/l	1000
Solid. Disueltos	Ppm	500
Colif. Totales	UFC/ 100 ml	<1
Colif. Fecales	UFC/ 100 ml	<1

DBO ₅	mg/l	20
OD	mg/l	>80

Fuente: Norma INEN 1108:2006

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

3.2.3 *Determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en aguas.*

Los parámetros analizados en este estudio son los establecidos por la norma NTE INEN 1108. Cuatro parámetros fueron evaluados in situ con equipos calibrados, con la siguiente metodología:

Temperatura

- Espectrofotómetro HACH de 2800
- Llenar un recipiente con la muestra
- Ingresar el medidor de temperatura.
- El resultado aparecerá en: °C

Turbidez

- Espectrofotómetro HACH de 2800
- Llenar un recipiente con la muestra
- Ingresar el medidor de turbidez.
- El resultado aparecerá en: NTU

pH

- Espectrofotómetro HACH de 2800
- Llenar un recipiente con la muestra
- Ingresar el medidor de pH.

Color

- Espectrofotómetro HACH de 2800
- Llenar un recipiente con la muestra
- Ingresar el medidor de color.

- El resultado aparecerá en: UTC

Conductividad

- Espectrofotómetro HACH de 2800
- Llenar un recipiente con la muestra
- Ingresar el medidor de conductividad.
- El resultado aparecerá en: mg/l.

Tabla 2-3: Parámetros y unidades de calidad para agua utilizados en los análisis in situ

Parámetros	Unidad
Temperatura	°C
Turbidez (NTU)	NTU
Potencial de Hidrógeno (pH)	-
Color	UTC
Conductividad	Mg/l

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

Los parámetros faltantes fueron realizados en el laboratorio de Calidad de Agua de la Universidad ESPOCH, mediante la siguiente metodología:

Cloruros

- 25 ml de muestra + 4 gotas de K_2CrO_4 . Titular con $AgNO_3$ (0,01 N). De amarillo → Ladrillo.

Dureza

- 25 ml de muestra + 1 ml de KCN + 2 ml de Buffer pH 10 + pizca de indicador Negro de Eriocromo T. Titular con EDTA (0,02 M). De rojo → azul.

Calcio

- 25 ml de muestra + 1 ml de KCN + 1 ml de NaOH (1 N) + pizca de indicador Murexida. Titular con EDTA (0,02 M). De rosado → lila.

Alcalinidad

- 25 ml de muestra + 2 gotas de Fenoftaleia (rosado). Titular con H_2SO_4 hasta incoloro (pH = 6,1) + 3 gotas de Naranja de Metilo. Titular con H_2SO_4 . De naranja → manzana.

Sulfatos

- PROCEDIMIENTOS EN HACH DR2800
- Seleccionar en la pantalla: Programas Almacenados
- Seleccionar el test: 685 SULFATO AV
- **La muestra preparada:** Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con muestra
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo Sulfaver en polvo
- Agitar con rotación, para mezclar
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok
- Comienza un periodo de reacción
- **Prepara el blanco:** Llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con agua destilada
- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0,00 mg/l SO_4^{-2}
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Medición
- El resultado aparecerá en: mg/l SO_4^{-2}

Amonios

- PROCEDIMIENTOS EN HACH DR2800
- Seleccionar en la pantalla: Programas Almacenados
- Seleccionar el test: 385 *N amoniaca* Salic

- **La muestra preparada:** Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con muestra
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo *Ammonia Salycylate Reagent* en polvo.
- Después de los 3 minutos agregar el reactivo en polvo *Ammonia Cyanurat*
- Agitar con rotación, para mezclar.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsa ok
- Comienza un período de reacción
- **Prepara el blanco:** llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con agua destilada.
- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0,00 mg/l
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Medición
- El resultado aparecerá en : mg/l

Nitritos

- PROCEDIMIENTOS EN HACH DR2800
- Seleccionar en la pantalla: Programas Almacenados
- Seleccionar el test: N Nitrito RB AV 375
- **La muestra preparada:** Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con muestra
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo de *Nitriver* en polvo.
- Agitar con rotación, para mezclar.
- Después de mezclar se formará un color ámbar si existe nitratos.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok.
- Comienza un periodo de reacción.
- **Prepara el blanco:** llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con agua destilada.
- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.

- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0,00 mg/l $NO^{-3} - N$
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente
- Seleccionar en la pantalla: Medición
- El resultado aparecerá en: mg/l $NO^{-3} - N$

Nitratos

- PROCEDIMIENTOS EN HACH DR22800
- Seleccionar en la pantalla: Programas Almacenados
- Seleccionar el test: 355 N Nitrato RA PP
- **La muestra preparada:** Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con muestra
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo de *NitraVer 5* en polvo.
- Agitar con rotación, para mezclar.
- Después de mezclar se formará un color ámbar si existe nitratos.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok
- Comienza un periodo de reacción.
- **Preparar el blanco:** Llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con agua destilada.
- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0,00 mg/l $NO^{-3} - N$
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Medición
- El resultado aparecerá en: mg/l $NO^{-3} - N$

Fosfatos

- PROCEDIMIENTOS EN HACH DR2800
- Seleccionar en la pantalla: Programa Almacenados

- Seleccionar el test: 429 P react. PV
- **La muestra preparada:** Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra.
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo de *PhosVer 3* en polvo.
- Agitar con rotación, para mezclar.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok.
- Comienza un período de reacción.
- **Preparar el blanco:** llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con agua destilada.
- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0,00 mg/l PO_4^{-3}
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Medición.
- El resultado aparecerá en: mg/l PO_4^{-3} .

Hierro

- PROCEDIMIENTOS EN HACH DR2800
- Seleccionar en la pantalla: Programas Almacenados
- Seleccionar el test: 265 Hierro *FerroVer*.
- **La muestra preparada:** Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra.
- Añadir el contenido de un sobre de reactivo de hierro *FerroVer* en polvo.
- Agitar con rotación, para mezclar.
- Después de mezclar se formará un color anaranjado si existe hierro.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok
- Comienza un periodo de reacción
- **Prepara el blanco:** Llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca 10 ml con agua destilada.

- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0,00 mg/l Fe
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llena hacia el frente.
- Seleccionar en la pantalla: Medición
- El resultado aparecerá en: mg/l Fe.

Manganeso

- PROCEDIMIENTOS EN HACH DR2800
- Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados.
- Seleccionar el test: 290 Manganeso RB PAN
- **Preparación del blanco:** Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con agua destilada.
- **La muestra preparada:** Llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra.
- Añadir a cada cubeta el contenido de un sobre de ácido ascórbico en polvo.
- Tapar las cubetas e invertir con cuidado para disolver el polvo.
- Añadir 12 gotas de solución de reactivo de cianuro alcalino a cada cubeta.
- Agitar con cuidado para mezclar.
- Añadir 12 gotas de solución indicadora PAN, 0.1%, a cada cubeta.
- Agitar con cuidado para mezclar.
- Si hay manganeso presente, la muestra preparada producirá un color anaranjado.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK.
- Comienza un período de reacción de 2 minutos.
- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0,00 mg/l Mn.
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- Seleccionar en la pantalla: Medición.

- El resultado aparecerá en mg/l Mn.

Flúor

- PRECEDIMIENTOS EN HACH DR 2800
- Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados.
- Ingresar el número de programa almacenado para fluoruro (F^-).
- Presionar: 1 9 0 ENTER
- La pantalla mostrará: Fijar nm por 580.
- Girar el cuadrante de longitud de onda hasta que la pantalla pequeña muestre: 580 nm.
- Cuando se ajuste la longitud de onda correcta, en la pantalla aparecerá rápidamente: Muestra cero.
- Luego: mg/l (F^-).
- Insertar el elevador de celda para celdas de 10 ml en el compartimento para celdas.
- Medir y colocar 10 ml de muestra en una celda de muestra de 10 ml (la muestra preparada).
- Medir y colocar 10 ml de agua destilada en una segunda celda de muestra seca (el blanco).
- Colocar 2 ml de reactivo SPADNS con la pipeta en cada celda. Girar para mezclar.
- Presionar: SHIFT THAER.
- Comenzará un período de reacción de un minuto.
- Cuando suene el cronometro la pantalla mostrará: mg/l (F^-).
- Colocar el blanco en el soporte de celdas. Cerrar el escudo para la luz.
- Presionar: Cero
- La pantalla mostrará: 0,00, luego: 0,00 mg/l (F^-).
- Colocar la muestra preparada en el soporte de celdas. Cerra el escudo para la luz.
- Presionar: READ
- La pantalla mostrará: leyendo.
- Luego se mostrará el resultado en mg/l (F^-).

Aluminio

- PROCEDIMIENTOS EN HACH DR 2800
- Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados.

- Seleccionar el test: Aluminum Alumin.
- Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra.
- **La muestra preparada:** Agregar el contenido de un sobre de reactivo de AluVer 3 Aluminum, en polvo. Agitar, con rotación, para mezclar.
- Si hay aluminio presente se desarrollará un color entre naranja y rojo anaranjado.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsa Ok.
- Comenzará un período de reacción de un minuto.
- Agite repetidamente durante un minuto para disolver el polvo.
- El polvo no disuelto provocará resultados inconsistentes.
- **Preparación del blanco:** Vierta 10 ml de la mezcla en una celda de muestra cuadrada.
- Agregar el contenido de un sobre de reactivo de AluVer 3 Aluminum, en polvo. Agitar, con rotación, para mezclar.
- Inicie el cronómetro del instrumento.
- Un tiempo de reacción de 30 segundos comenzará.
- Agitar la celda durante 30 segundos.
- La solución debe volverse de color naranja claro a medio.
- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0,00 mg/l Al^{3+} .
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- Seleccionar en la pantalla: Medición.
- El resultado aparecerá en mg/l Al^{3+} .

Cromo

- PROCEDIMIENTOS EN HACH DR 2800
- Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados.
- Seleccionar el test: 90 Cromo hex.
- Llena una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra.

- **La muestra preparada:** Añadir el contenido de un sobre de reactivo de cobre ChromaVer 3 en polvo. Agitar, con rotación, para mezclar.
- En presencia de cromo hexavalente, aparecerá un color violeta.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsa Ok.
- Comienza un período de reacción de 5 minutos.
- **Preparación del blanco:** Llena otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml con muestra.
- Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- Seleccionar en la pantalla: Cero
- La pantalla indicará: 0,00 mg/l Cr^{6+}
- Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- Seleccionar en la pantalla: Medición.
- El resultado aparecerá en mg/l Cr^{6+} .

Sólidos Suspensión

- Multiparamétrico
- Llenar un recipiente con la muestra
- Ingresar el medidor de Sólidos en Suspensión.
- El resultado aparecerá en: mg/l

Sólidos Disueltos

- Multiparamétrico
- Llenar un recipiente con la muestra
- Ingresar el medidor de Sólidos Disueltos.
- El resultado aparecerá en: ppm

Sólidos Totales

- Pesar en una Caja Petri previamente tarada (vacía), agitar la muestra de agua, colocar 35 ml de muestra en la caja, someter a Baño María hasta sequedad, introducirla en la estufa, colocarle en el desecador por aproximadamente 15 minutos y pesar.

Coliformes

- Método de membrana
- Para realizar este análisis se debe utilizar una bomba de vacío.
- Colocar un cono en el matraz previamente conectado a la bomba.
- Ingresar la muestra en el cono y prender la bomba.
- Colocar el reactivo *cultivo* y prender la bomba.
- Tapar la muestra.
- Ingresar la muestra en la incubadora.
- El resultado se mostrará en: UFC

DBO₅

- Para realizar este análisis se debe primero airear agua con la bomba de vacío durante 1 hora aproximadamente.
- En un balón de aforación, se añade 500 ml de la muestra.
- Se agrega 2 ml de Nutrientes DBO.
- Luego se afora hasta 1000 ml con agua aireada.
- Agregar la muestra en dos frascos Wheaton hasta que rebose el frasco y tapamos.
- En el primer frasco añadimos 1 ml de $MnSO_4$ + 1 ml de Azida sódica, dejar hasta que precipite el complejo de $Mn(OH)_3$.
- Luego agitar hasta destruir el precipitado, esto es equivalente a la cantidad de O_2 presente en la muestra.
- Agregamos 2 ml de H_2SO_4 concentrada.
- Esto hace que se libere yodo de la muestra.
- Vaciamos la muestra en un Erlenmeyer de 500 ml.
- Titulamos con tiosulfato de sodio hasta que pase de color amarillo a amarillo pálido.
- Se agrega indicador de almidón y esta toma una coloración azulada.
- Luego seguimos titulando con tiosulfato de sodio hasta que se vuelva transparente.
- Anotamos el volumen total de tiosulfato utilizado.

- Guardamos el otro frasco Wheaton y después de 5 días repetir la titulación.

OD

- Para realizar este análisis se debe agregar la muestra en un frasco Wheaton hasta que rebose el frasco y tapamos.
- Añadimos 1 ml de $MnSO_4$ + 1 ml de Azida sódica, dejar hasta que precipite el complejo de $Mn(OH)_3$.
- Luego agitar hasta destruir el precipitado, esto es equivalente a la cantidad de O_2 presente en la muestra.
- Agregamos 2 ml de H_2SO_4 concentrada.
- Esto hace que se libere yodo de la muestra.
- Vaciamos la muestra en un Erlenmeyer de 500 ml.
- Titulamos con tiosulfato de sodio hasta que pase de color amarillo a amarillo pálido.
- Se agrega indicador de almidón y esta toma una coloración azulada.
- Luego seguimos titulando con tiosulfato de sodio hasta que se vuelva transparente.
- Anotamos el volumen total de tiosulfato utilizado.

Tabla 3-3: Parámetros y unidades de calidad para agua utilizados en los análisis en el laboratorio.

Parámetros	Unidad
Cloruros	mg/l
Dureza	mg/l
Calcio	mg/l
Alcalinidad	mg/l
Sulfatos	mg/l
Amonios	mg/l
Nitritos	mg/l
Nitratos	mg/l
Fosfatos	mg/l
Hierro	mg/l
Manganeso	mg/l
Flúor	mg/l
Aluminio	mg/l
Cromo	mg/l

Solid. Suspensión	mg/l
Solid. Totales	mg/l
Solid. Disueltos	Ppm
Colif. Totales	UFC/ 100 ml
Colif. Fecales	UFC/ 100 ml
DBO_5	mg/l
OD	mg/l

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

3.3 Área de estudio

El proyecto actual se llevará a cabo en la localidad de Shungubug, que forma parte de la parroquia Flores, situada en la zona rural del cantón Riobamba, en la provincia de Chimborazo, como se muestra en la Ilustración 1.



Ilustración 1-3: Ubicación de la Parroquia Flores

Fuente: (Google Maps, 2023)

- Pilishuaco de Cebada

- Alao Pungala
- Chililing Flores

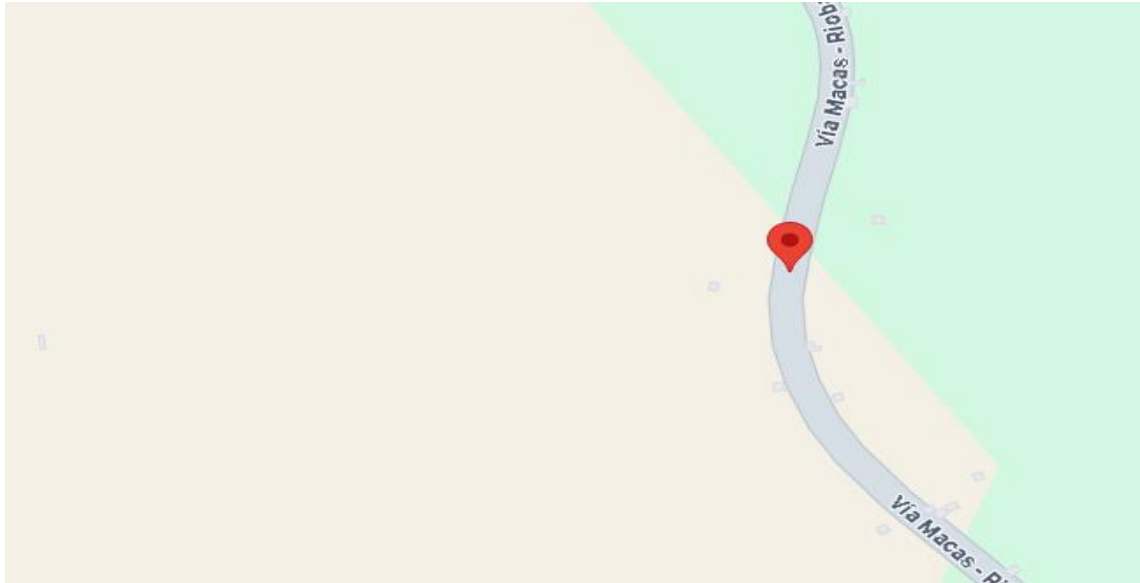


Ilustración 2-3: Vertientes Pilishuaco de Cebada y Alao Pungala Coordenadas, $1^{\circ}51'11.0''S$ $78^{\circ}37'54.0''W$ 49W9+Q8H Flores

Fuente: Google Maps

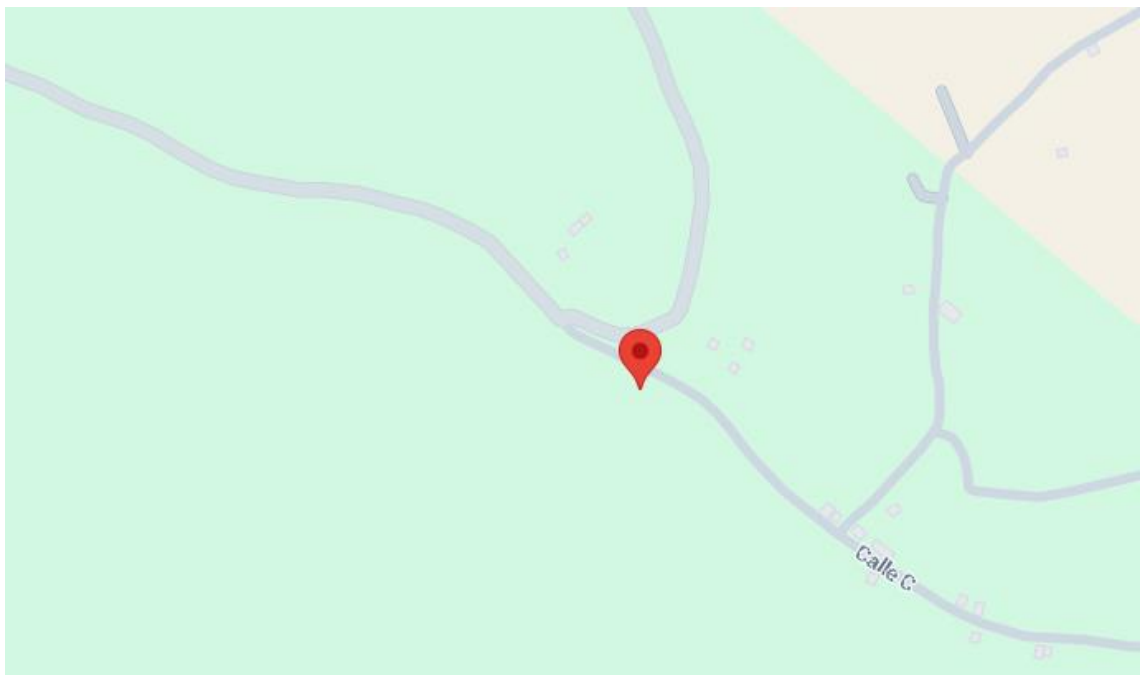


Ilustración 3-3: Vertiente Chililing Flores, coordenadas $1^{\circ}48'41.1''S$ $78^{\circ}39'22.7''W$, 58QV+CFP Flores

Fuente: Google Maps

3.4 Transporte, preservación y almacenamiento de las muestras.

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de "Calidad de Agua" de la ESPOCH tan pronto como fue posible después de la recolección, garantizando un tiempo de transporte inferior a las dos horas. Durante su traslado, se refrigeraron en sus envases correspondientes y se almacenaron en un Cooler para su preservación.

3.5 Alternativa de tratabilidad

Una vez que los hallazgos del laboratorio sean obtenidos, se evaluará cuál es la mejor acción de tratamiento a aplicar según el parámetro que se encuentre en incumplimiento de los estándares establecidos. Por lo tanto, resulta esencial obtener los resultados, contrastarlos entre sí y plantear las medidas adecuadas a tomar cuando se detecten desviaciones en relación con los parámetros normativos.

El proceso de coagulación reduce la carga negativa y hace que las partículas se agreguen y formen microflóculos. La aglomeración es la agrupación de partículas en grandes hojuelas. La sedimentación es la precipitación de sólidos, incluidos los sólidos provenientes de la contaminación y los sólidos producidos por productos químicos. La coagulación depende de la temperatura del agua y del pH (Ramírez Arcila & Jaramillo Peralta, 2016, pág. 5).

El proceso de CF involucra los siguientes pasos:

- Mezclado rápido. También llamado mezclado flash, en esta mezcla, se añaden a la muestra de agua coadyuvantes de coagulación, coadyuvantes de floculación y sustancias que ajustan el pH y se mezclan rápidamente. El objetivo es que los químicos en el agua se dispersen, reduciendo las fuerzas repulsivas entre las partículas, es decir permitir la coagulación (Ramírez Arcila & Jaramillo Peralta, 2016, pág. 5).
- Según Ramírez Arcilla y Jaramillo Peralta (2016, pág. 5), La mezcla lenta se realiza a velocidad media. Su propósito es mantener la mezcla de los componentes del agua y promover la formación de escamas largas o aglomerados.

- Según Ramírez Arcilla y Jaramillo Peralta (2016, pág. 5), la sedimentación o mezcla se interrumpe para promover la sedimentación de los flóculos. En el proceso de floculación/aglomeración se utilizan dos tipos de materiales.
- Según Ramírez Arcilla y Jaramillo Peralta (2016, pág. 5), floculantes inorgánicos y orgánicos, incluidos aditivos minerales como sales de calcio. Sales metálicas como cloruro férrico, sulfato de aluminio; metales prehidrolizados como policloruro de aluminio y polielectrolitos o coagulantes propios.

Según Ramírez Arcilla y Jaramillo Peralta (2016, pág. 5), los floculantes orgánicos que incluyen polielectrolitos catiónicos y aniónicos, polímeros no iónicos, polímeros anfotéricos e hidrofóbicamente modificados y floculantes naturales como almidón, goma guar, taninos, alginatos entre otros.

3.6 Cálculo del ICA

Para calcular el índice de calidad del agua, se emplea una suma lineal ponderada de los subíndices o una función de agregación del producto ponderado. En el caso del NSF, se utiliza una suma lineal ponderada. El resultado de esta aplicación debería ser un número comprendido entre 0 y 100, donde 0 indica una calidad de agua muy deficiente y 100 refleja una calidad de agua excelente. Este enfoque se alinea con la percepción general del público en cuanto a las evaluaciones. La primera ecuación del índice consistió en un promedio geométrico ponderado:

$$WQI = \left(\prod_{i=1}^n SI_i \right)^{w_i}$$

En la actualidad el índice usa un Promedio Aritmético Ponderado:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

Donde:

WQI: índice de Calidad de Agua

SI_i : Subíndice del Parámetro i.

W_i : Factor de Ponderación para el Subíndice i.

Mientras la suma lineal ponderada se usa ampliamente la agregación del producto ponderado, evita eclipsar el resultado, porque si un sub – índice es cero, entonces índice es automáticamente cero.

Tabla 4-3: Pesos asignados a cada variable del ICA – NSF.

I	Subi	wi
1	Coliforme fecales	0,16
2	pH	0,11
3	DBO5	0,11
4	Nitratos	0,11
5	Fosfatos	0,10
6	Temperatura	0,10
7	Turbidez	0,08
8	Sólidos disueltos Totales	0,07
9	Oxígeno Disuelto	0,17

Fuente: Limon & Webb

El resultado final es interpretado de acuerdo con la siguiente escala de clasificación, en la que el fondo representa el color correspondiente a cada rango:

Tabla 5-3: Clasificación del ICA – NSF.

Clasificación del ICA propuesto por Brown			
Clase	Calidad de Agua	Color	Valor
I	Excelente		91 a 100
II	Buena		71 a 90
III	Regular		51 a 70
IV	Mala		26 a 50
V	Pésima		0 a 25

Fuente: Limon & Webb

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Caracterización física, química y microbiológica del agua

Tabla 6-4: Parámetros, unidad y muestras realizadas en los análisis in situ.

Parámetros	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Temperatura	°C	19,6	18,6	19,8
Turbidez (NTU)	NTU	0,11	0,27	0,28
Potencial de Hidrógeno (pH)	mg/l	7,92	7,79	8,24
Color	UTC	4	1	13
Conductividad	Mg/l	733,4	667,4	371,1

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

Tabla 7-4: Parámetros, unidades y muestras realizadas en los análisis en el laboratorio.

Parámetros	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Cloruros	mg/l	0,8	1	0,8
Dureza	mg/l	2,15	3,15	2,4
Calcio	mg/l	1,1	0,85	1,15
Alcalinidad	mg/l	3,20	3,20	2,10
Sulfatos	mg/l	35	34	1
Amonios	mg/l	0,02	0,03	0,28
Nitritos	mg/l	0,004	0,004	0,024
Nitratos	mg/l	1,7	0,7	<1
Fosfatos	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hierro	mg/l	0,01	0,01	0,04
Manganeso	mg/l	0,002	0,001	0,007
Flúor	mg/l	2,36	2,50	1,44
Aluminio	mg/l	0,020	0,018	0,046
Cromo	mg/l	0,025	0,025	0,023
Solid. Suspensión	mg/l	<1	<1	<1
Solid. Totales	mg/l	400	400	400
Solid. Disueltos	Ppm	367,2	370,0	207,9
Colif. Totales	UFC/ 100 ml	155	24	134

Colif. Fecales	UFC/ 100 ml	Ausencia	1	Ausencia
DBO ₅	mg/l	3,50	5,40	7,42
OD	mg/l	74	75	54

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

4.2 Comparación de resultados con la norma NTE INEN 1108

Tabla 8-4: Comparación de resultados con la Norma NTE INEN 1108 de los análisis realizados In Situ

Parámetros	Norma NTE INEN 1108	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Temperatura	----	19,6	18,6	19,8
Turbidez (NTU)	5	0,11	0,27	0,28
Potencial de Hidrógeno (pH)	6,5 – 8,5	7,92	7,79	8,24
Color	15	4	1	13
Conductividad	<1250	733,4	667,4	371,1

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

Tabla 9-4: Comparación de resultados con la Norma NTE INEN 1108 de los análisis realizados en el laboratorio de tratamientos de aguas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Parámetros	Norma NTE INEN 1108	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Cloruros	250	0,8	1	0,8
Dureza	300	2,15	3,15	2,4
Calcio	70	1,1	0,85	1,15
Alcalinidad	250 - 300	3,20	3,20	2,10
Sulfatos	200	35	34	1
Amonios	1,0	0,02	0,03	0,28
Nitritos	3,0	0,004	0,004	0,024
Nitratos	10	1,7	0,7	<1
Fosfatos	0,5	0,5	0,5	0,5
Hierro	0,3	0,01	0,01	0,04
Manganeso	0,1	0,002	0,001	0,007
Flúor	1,5	2,36	2,50	1,44
Aluminio	0,25	0,020	0,018	0,046

Cromo	0,05	0,025	0,025	0,023
Solid. Suspensión	-	<1	<1	<1
Solid. Totales	1000	400	400	400
Solid. Disueltos	500	367,2	370,0	207,9
Colif. Totales	<1	155	24	134
Colif. Fecales	<1	Ausencia	1	Ausencia
DBO ₅	20%	3,5	5,4	7,42
OD	>80	74	75	54

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

4.3 Análisis de resultados

Según los resultados, todos los parámetros están dentro del límite permisible a excepción del flúor y los coliformes totales.

4.4 Alternativa de tratabilidad

4.4.1 Eliminación del flúor

Algunas aguas naturales contienen hasta 10 mg/l de fluoruro. Este contenido debe reducirse a aproximadamente 1 mg/l (cuanto mayor sea la temperatura media anual, menor será el límite permitido). Los procedimientos que se emplean son:

- Tratamiento con fosfato tricálcico: La afinidad del flúor por este compuesto se conoce desde hace mucho tiempo, ya que siempre hay grandes cantidades de flúor presentes en los fosfatos naturales como la apatita, el fosfito y en los huesos. En la práctica se utilizan: o Productos naturales obtenidos de huesos de bovino, por ejemplo: Cenizas o harinas de huesos o Apatita sintética. Se obtiene en agua mediante una mezcla cuidadosamente controlada de cal y ácido fosfórico (Aniónico y Agua 2017, pág. 3).
- Tratamiento con alúmina: También se puede utilizar sulfato de aluminio, pero las dosis necesarias son mucho mayores, en algunos casos de 4.444 a 1.000 g/m³. El agua tratada de esta forma puede contener porcentajes muy elevados de aluminio disuelto. Al ajustar el valor del pH se debe esperar una agregación posterior. La filtración con óxido de aluminio activado ya se ha implementado con éxito. La regeneración se realiza con sulfato de

aluminio o soda y ácido sulfúrico. La capacidad de retención varía mucho según el contenido inicial de flúor en el agua bruta y las condiciones de funcionamiento, pero puede oscilar entre 0,3 y 4,5 g de iones fluoruro por litro de producto (Aniónico y Agua 2017, p. 3).

- Desendurecimiento del agua con cal: Este método se puede utilizar si el agua contiene suficiente magnesio, ya que el hidróxido de magnesio formado adsorbe flúor. De lo contrario, necesitarás concentrar significativamente el magnesio en el agua agregando sulfato de magnesio o usando cal dolomítica. Se estima que se requieren 50 mg/L de magnesio para eliminar 1 mg/L de fluoruro (Aniónico y Agua 2017, p. 3).
- Filtración sobre carbón activo: Este tipo de tratamiento (regeneración con dióxido de carbono y dióxido de carbono) sólo se puede utilizar si se trabaja en un ambiente muy ácido (hasta pH3) y luego se recarboniza, lo que no es práctico en la mayoría de los casos (Aniónico y Agua 2017, pág. 3).
- Otros procedimientos: Si se busca la eliminación del ion fluoruro en situaciones de mineralización excesiva del agua, la ósmosis inversa podría ser una solución específica para abordar este problema en particular. Asimismo, existen métodos electroquímicos que utilizan ánodos de aluminio; sin embargo, hasta el momento, no se ha informado de su aplicación significativa a nivel industrial.

4.5 Aplicación de la tratabilidad del flúor

En la aplicación de la tratabilidad del flúor se probó a distintas concentraciones con distintos tratamientos.

4.5.1 Concentraciones

$$\frac{0,2g}{200 ml} * \frac{1000 ml}{1 L} * \frac{1000mg}{1 g} = 1000ppm$$

$$\frac{0,1g}{200 ml} * \frac{1000 ml}{1 L} * \frac{1000mg}{1 g} = 500ppm$$

$$\frac{0,075g}{200 ml} * \frac{1000 ml}{1 L} * \frac{1000mg}{1 g} = 375ppm$$

$$\frac{0,05g}{200 ml} * \frac{1000 ml}{1 L} * \frac{1000mg}{1 g} = 250ppm$$

4.5.2 Tratamiento con fosfato tricálcico

Tabla 10-4: Tratamiento con Fosfato Tricálcico

Pruebas	Parámetro	Norma NTE INEN 1108	Tratamiento en gr	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Prueba 1	Flúor	1,5	0,2	1,20	1,18	0,6
	pH	6,5 – 8,5	0,2	8,23	8,32	8,38
Prueba 2	Flúor	1,5	0,1	1,52	1,49	0,86
	pH	6,5 – 8,5	0,1	8,79	8,67	8,69

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

En la Tabla 10, se notó un incremento en el pH y una reducción del nivel de flúor, utilizando una concentración alto, situándose muy cerca del límite permitido, lo que condujo a descartar la aplicación del primer tratamiento.

4.5.3 Tratamiento con alúmina

Tabla 11-4: Tratamiento con Alúmina

Pruebas	Parámetro	Norma NTE INEN 1108	Tratamiento en gr	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Prueba 1	Flúor	1,5	0,2	0,71	0,79	0,70
	pH	6,5 – 8,5	0,2	5,28	4,82	4,64
Prueba 2	Flúor	1,5	0,1	0,59	0,66	0,44
	pH	6,5 – 8,5	0,1	5,56	5,56	5,56
Prueba 3	Flúor	1,5	0,05	1,06	1,03	0,51
	pH	6,5 – 8,5	0,05	8,31	8,17	8,00
Prueba 4	Flúor	1,5	0,075	0,82	0,85	0,43
	pH	6,5 – 8,5	0,075	7,47	7,54	7,01

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

En la Tabla 11, se evidenció una disminución significativa en el nivel de flúor, con un impacto mínimo en el pH. Por consiguiente, se llevaron a cabo pruebas con menores concentraciones, obteniendo valores favorables y, en consecuencia, se aprobó la aplicación del tratamiento.

4.5.4 Tratamiento de agua con cal

Tabla 12-4: Tratamiento con agua con cal

Pruebas	Parámetro	Norma NTE INEN 1108	Tratamiento en gr	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Prueba 1	Flúor	1,5	0,2	1,23	0,92	0,44
	pH	6,5 – 8,5	0,2	11,42	11,62	11,50

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

En la Tabla 12, se notó una disminución leve en el nivel de flúor con una concentración elevada, lo que impactó de manera significativa en el pH. En consecuencia, se optó por descartar dicho tratamiento.

4.5.5 Tratamiento con carbón activado

Tabla 13-4: Tratamiento con carbón activo

Pruebas	Parámetro	Norma NTE INEN 1108	Tratamiento en gr	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Prueba 1	Flúor	1,5	0,2	1,55	1,83	0,98
	pH	6,5 – 8,5	0,2	5,08	5,00	5,39

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

En la Tabla 13, no se evidenció una reducción favorable en el nivel de flúor; la concentración del reactivo era demasiado alta y, además, se observó un impacto en el pH. Como resultado, se optó por descartar el tratamiento.

4.5.6 Diagrama de barras de la disminución de la concentración del flúor

En la Ilustración 4-4, se aprecia una marcada reducción de los niveles de flúor mediante el tratamiento de fosfato tricálcico. No obstante, este enfoque presenta la desventaja de generar una concentración considerablemente elevada, lo que lleva a descartar dicha opción de tratamiento.

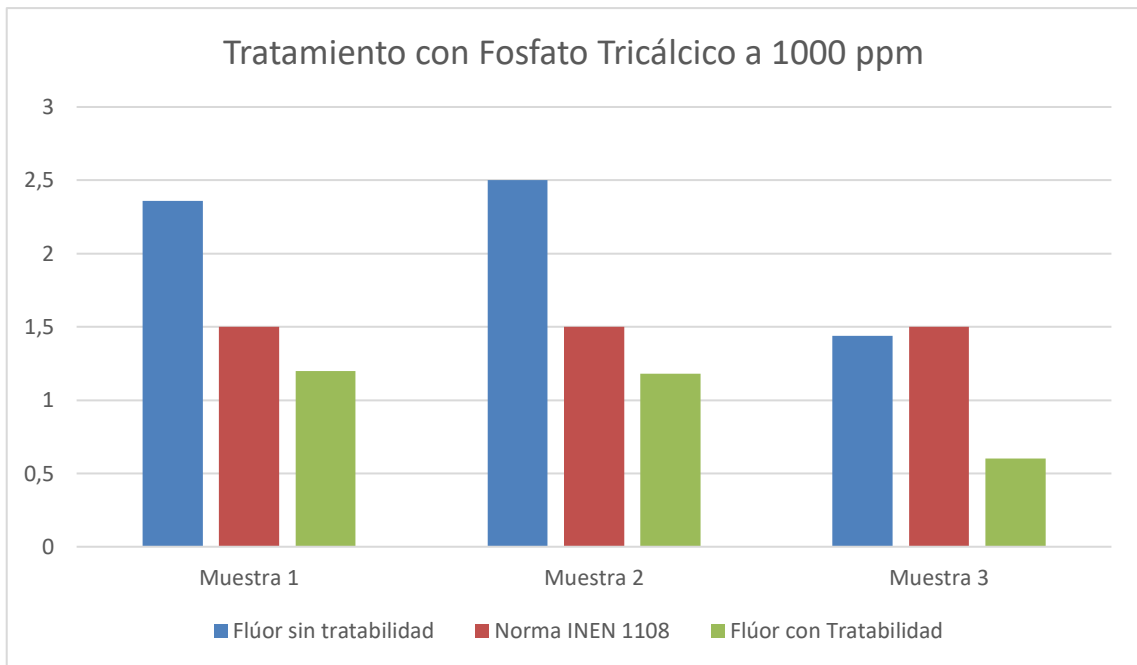


Ilustración 4-4. Tratamiento del Flúor con Fosfato Tricálcico a 1000 ppm

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

En la Ilustración 5-4, muestra una notable reducción de los niveles de flúor con la aplicación de alúmina, logrando una concentración adecuada y necesaria para el consumo de agua. Este método se posiciona como el tratamiento más eficaz para mitigar la presencia de flúor.

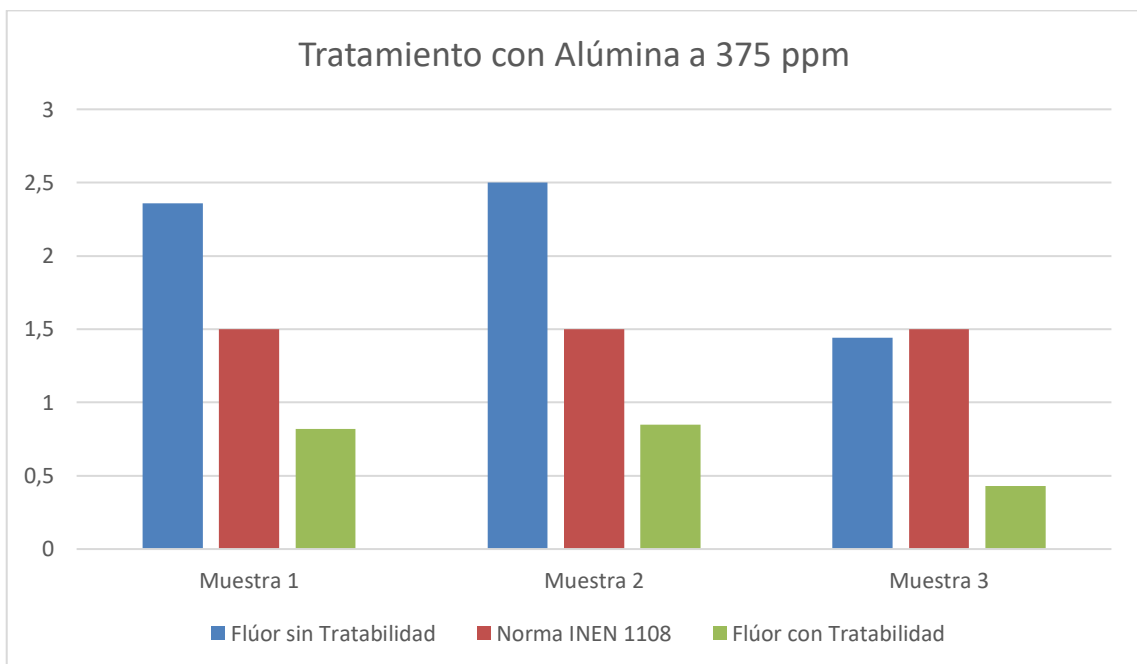


Ilustración 5-4. Tratamiento del Flúor con Alúmina a 375 ppm

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

En la Ilustración 6-4, se evidencia que el tratamiento con cal resulta en una reducción de la concentración de flúor. Sin embargo, al igual que en el Diagrama 1, la concentración del reactivo es notablemente alta.

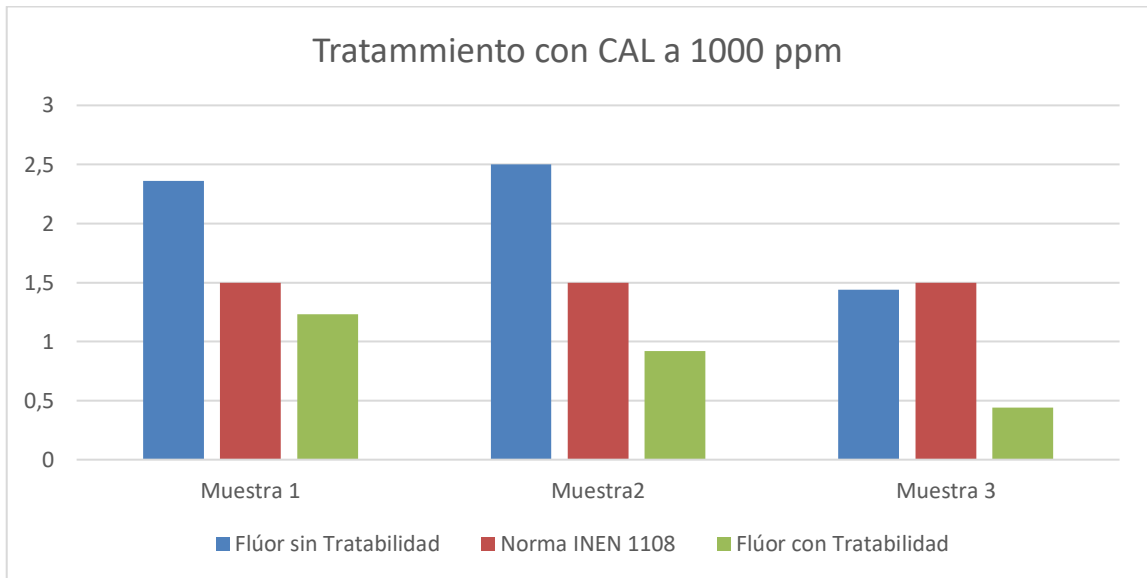


Ilustración 6-4. Tratamiento del Flúor con CAL a 1000 ppm

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

En la Ilustración 7-4, se observa que no se produce una disminución en los niveles de flúor con el tratamiento de carbón. Además, la concentración del reactivo resulta ser significativamente elevada, lo que lleva a descartar por completo esta opción de tratamiento.

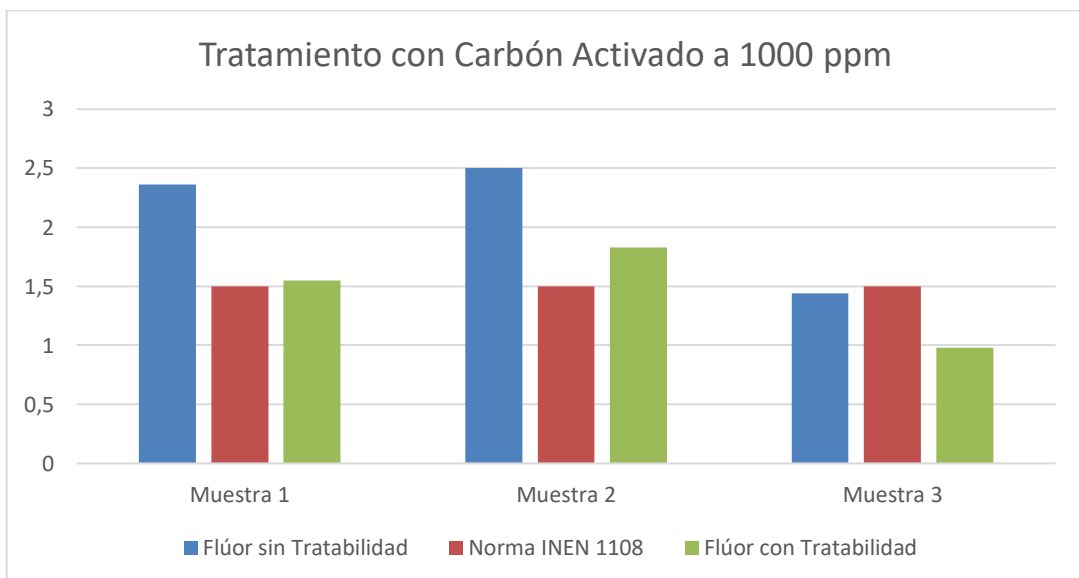


Ilustración 7-4. Tratamiento del Flúor con Carbón Activado a 1000 ppm.

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

4.6 Cálculo del ICA

Tabla 14-4: Pesos asignados a cada variable del ICA – NSF.

i	Subi	wi
1	Coliforme fecales	0,16
2	pH	0,11
3	DBO5	0,11
4	Nitratos	0,11
5	Fosfatos	0,10
6	Temperatura	0,10
7	Turbidez	0,08
8	Sólidos disueltos Totales	0,07
9	Oxígeno Disuelto	0,17

Fuente: Limon & Webb

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

El cálculo del NSF WQI se presenta en las Tablas 15-4, 16-4 y 17-4. Es importante recordar que el valor Q se obtiene utilizando el programa WATER QUALITY INDEX CALCULATOR. Este programa calcula el índice de calidad del agua para una masa de agua de prueba, empleando los parámetros predefinidos.

Tabla 15-4: Determinación del ICA – NSF en la Muestra 1.

Parámetros	Resultado	Q – valor	Factor Ponderado	Sub Total
C. Fecales	1	99	0,16	15,84
O. Disuelto	74	80	0,17	13,60
pH	7,92	86	0,11	9,46
DBO₅	3,5	64	0,11	7,04
Temperatura	19,6	83	0,10	8,30
Fosfato	0,5	60	0,10	6
Nitratos	1,7	95	0,10	9,50
Turbidez	0,11	99	0,08	7,92
Solidos Totales	400	47	0,07	3,29
Sumatoria			1	80,95

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

En la Tabla 15-4, el índice de calidad del agua arroja un valor de 80.95, situándose en la categoría de "Buena". Esto indica que el agua proveniente de la primera vertiente es apta para el consumo humano.

Tabla 16-4: Determinación del ICA – NSF en la Muestra 2

Parámetros	Resultado	Q – valor	Factor Ponderado	Sub Total
C. Fecales	1	99	0,16	15,84
O. Disuelto	75	81	0,17	13,77
pH	7,79	90	0,11	9,90
DBO₅	5,4	54	0,11	5,94
Temperatura	18,6	87	0,10	8,7
Fosfato	0,5	60	0,10	6
Nitratos	0,7	96	0,10	9,60
Turbidez	0,27	98	0,08	7,84
Solidos Totales	400	47	0,07	3,29
		Sumatoria	1	80,88

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

En la Tabla 16-4, el índice de calidad del agua revela un valor de 80.88, clasificándose en la categoría de "Buena". Este resultado señala que el agua proveniente de la segunda vertiente es adecuada para el consumo humano.

Tabla 17-4: Determinación del ICA – NSF en la muestra 3

Parámetros	Resultado	Q – valor	Factor Ponderado	Sub Total
C. Fecales	1	99	0,16	15,84
O. Disuelto	54	49	0,17	8,33
pH	8,24	75	0,11	8,25
DBO₅	7,42	44	0,11	4,84
Temperatura	19,8	82	0,10	8,2
Fosfato	0,5	60	0,10	6
Nitratos	0,1	97	0,10	9,70
Turbidez	0,28	98	0,08	7,84
Solidos Totales	400	47	0,07	3,29
		Sumatoria	1	72,29

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

En la Tabla 17, el índice de calidad del agua mostró un valor de 72.29, situándose en el límite de la categoría "Buena". Este resultado indica que el agua procedente de la tercera vertiente es apta para el consumo humano.

Tabla 18-4: Determinación del ICA – NSF

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Valor de Índice	80,95	80,88	72,29
Número de Parámetros	9	9	9
Escala de Clasificación	Buena	Buena	Buena
Rango	71 – 90	71 – 90	71 – 90
Color	Verde	Verde	Verde

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

En todos los puntos de muestreo, la calidad del agua, según el ICA – NSF, se clasifica como buena, de acuerdo con los valores derivados del mismo. Es destacable que la Muestra 2 exhibe el valor más elevado, alcanzando 80.95, mientras que la Muestra 3 muestra el valor más bajo de 72.29. Esta variación se atribuye a que los niveles de oxígeno disuelto (OD), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y los sólidos totales indican una calidad notablemente baja en la Muestra 3.

Tabla 19-4: Clasificación del ICA – NSF.

Clasificación del ICA propuesto por Brown			
Clase	Calidad de Agua	Color	Valor
I	Excelente		91 a 100
II	Buena		71 a 90
III	Regular		51 a 70
IV	Mala		26 a 50
V	Pésima		0 a 25

Fuente: Limon & Webb

4.6.1 Propuesta de Tratabilidad

Según los hallazgos obtenidos, el Índice de Calidad de Agua (ICA) se encontró en el rango considerado como bueno, y se buscó elevar la calidad a la categoría de excelente. Con este objetivo en mente, se propuso la siguiente estrategia:

De acuerdo con los resultados obtenidos, la opción más efectiva de tratamiento fue la aplicación de alúmina a una concentración de 375 ppm, como se detalló en la Tabla 11, en 1 m³. Así mismo, se debe realizar una dosificación de cloro de 200 mililitros de cloro líquido en 1 m³ con una concentración del 1%, con el fin de regular los parámetros que se encuentran fuera de los estándares normativos.

Además, se sugiere llevar a cabo un mantenimiento de precipitación de sólidos cada dos meses. Este procedimiento tiene como objetivo eliminar los residuos de precipitados de alúmina que puedan quedar en el sistema. Con estas medidas, se buscó optimizar la calidad del agua y asegurar que se mantenga en niveles excelentes.

Tabla 20-4: Propuesta de Tratabilidad para optimizar el agua de consumo humano en la parroquia Flores.

Tratamiento	Parámetro para tratar	Concentración	Cantidad
Alúmina	Flúor	375 ppm	1 m ³
Cloro líquido	Coliformes	1%	1 m ³

Realizado por: Bonilla, A., 2024.

En la Ilustración 8-4, se describe el proceso de tratamiento del agua de manera detallada. En este procedimiento, se introduce alúmina y cloro con las concentraciones predefinidas, luego pasa a través de una bomba para llegar finalmente al tanque de almacenamiento de agua. Una vez que los reactivos alcanzan el tanque, se logra un adecuado mezclado con el agua mediante una agitación continua. Al concluir este proceso, el agua tratada se distribuirá a cada domicilio.

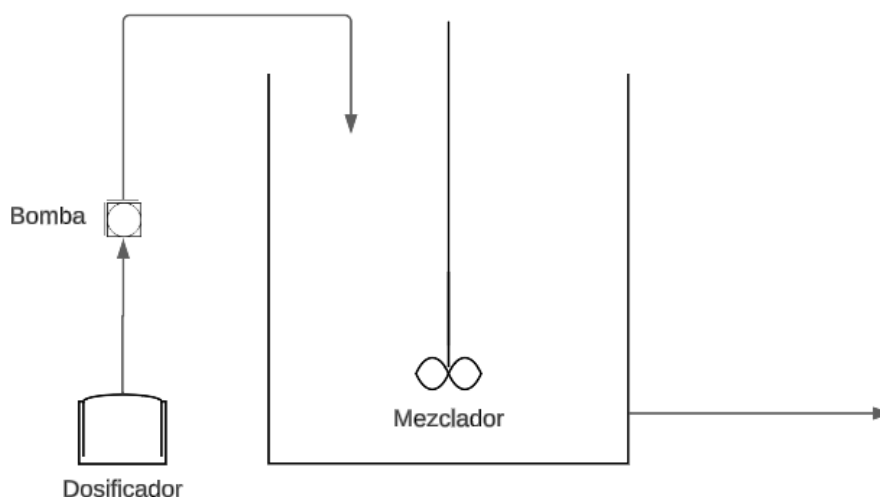


Ilustración 8-4: Diagrama para la dosificación de cloro y alúmina

Realizado por: Bonilla. A., 2024.

4.7 Análisis y discusión de resultados

Al realizar el análisis físico – químico del agua que abastece a la comunidad Shungubug se encontró que los parámetros que están fuera de norma son el flúor con un valor medio de 2,10 mg/l y los coliformes fecales en el punto 2 con valor de 1, superando el límite permisible de la norma INEN 1108 que indica que el valor del flúor es de 1,5 mg/l y el valor de los coliformes fecales es <1. Entonces para disminuir los valores de este parámetro, se sometió a pruebas de tratabilidad obteniendo diferentes tratamientos.

En la tratabilidad con fosfato tricálcico no resultó óptima, debido a que se trabajó con un valor de concentración de 1000 ppm, lo cual afectó el pH y no hubo una disminución del flúor, dando un valor de 8,31 en el pH y 0,99 mg/l en el Flúor , luego se trabajó con una concentración de 500 ppm, dando un valor de 8,72 en el pH y un valor de 1,29 mg/l en el flúor, lo cual nos da una conclusión de que a menor concentración del fosfato tricálcico, el pH aumentara.

En la tratabilidad con Cal, se trabajó con un valor de concentración de 1000 ppm lo cual aumento de una manera significativa el pH con un valor de 11,51 y con disminución del flúor al 0,86 mg/l, concluyendo así que a menor concentración nos dará un mejor resultado del pH pero el flúor no disminuirá.

En la tratabilidad con carbón activado, se trabajó con un valor de concentración de 1000 ppm arrojando una disminución de 5,16 en el pH, sin disminuir el flúor, con un valor de 1,45 mg/l del flúor, interpretando que a menor concentración el flúor no disminuirá, pero el pH se mantendrá dentro del rango.

Y por último en la tratabilidad con alúmina se trabajó con una concentración de 1000 ppm y 500 ppm, dando así una disminución del pH de 4,91 y 5,56 respectivamente y una disminución significativa del flúor con un valor de 0,75 y 0,56 mg/l respectivamente, por lo cual se trabajó con una concentración de 250 ppm, dándonos un valor medio del pH de 8,16 y un valor medio del flúor de 0,87 mg/l, entrando en el límite permisible pero con una concentración baja, a lo cual se trabajó con una concentración de 375 ppm, dándonos un valor medio del pH de 7,34 y un valor medio del flúor de 0,7 mg/l, alcanzando así un valor deseado con un pH y flúor dentro de norma. Para tratar los coliformes fecales en el punto de muestra 2 se debe dosificar por m³ los tanques de almacenamiento de agua.

El cloro, empleado como agente desinfectante, puede adoptar diversas formas, ya sea en estado gaseoso, en forma sólida como hipoclorito de calcio o en estado líquido como hipoclorito de sodio. En cualquiera de sus presentaciones, la capacidad desinfectante del cloro es equiparable. No obstante, la elección entre ellas en entornos rurales o áreas con poblaciones reducidas dependerá de la complejidad asociada a su manipulación. Por ejemplo, la cloración con cloro en estado gaseoso implica una mayor complejidad, exige equipos especializados, personal capacitado y condiciones específicas de almacenamiento. Por otro lado, los hipocloritos de sodio y calcio, al poseer concentraciones más moderadas de cloro, resultan más estables que el cloro gaseoso, facilitando su manejo y, por ende, convirtiéndolos en opciones más prácticas para la desinfección en entornos rurales (Corporación, 2017, pág. 35–36).

La desinfección del agua mediante la cloración se realiza en dos fases:

1. Desinfección inicial, en la cual el cloro elimina los microorganismos presentes en el agua durante el primer contacto.
2. Desinfección residual o secundaria, que resguarda el agua contra posibles contaminaciones futuras (como la destrucción de bacterias en las tuberías de distribución de agua). Esta acción residual es resultado de una concentración adicional de desinfectante aplicada al agua.

La desinfección mediante cloración es altamente eficaz y adecuada para entornos rurales; sin embargo, su aplicación o manejo incorrectos pueden acarrear riesgos para la salud. En este contexto, es esencial comprender y considerar otros factores que influyen en la eficacia de la cloración y contribuyen a reducir los posibles peligros asociados a este proceso en relación con la salud humana (Corporación, 2017, pág. 36).

En la aplicación de cloro para el tratamiento de agua destinada al consumo humano, se estableció la cantidad necesaria de cloro líquido por metro cúbico (m^3), esta varía según la concentración y las circunstancias. En situaciones normales, se debe añadir 100 mililitros de cloro líquido a una concentración del 1%, en casos de emergencia, la cantidad se incrementa a 200 mililitros. Para una concentración del 5%, la dosis que se debe añadir en condiciones habituales es de 40 mililitros de cloro líquido por metro cúbico, en situaciones de urgencia, se debe aumentar la cantidad a 80 mililitros (TRATAMIENTO Y DESINFECCIÓN DE, 2006, pág. 6-7).

Estas pautas están diseñadas para garantizar la seguridad y calidad del agua potable, siguiendo normativas y estándares establecidos para el tratamiento adecuado en diversas situaciones.

CONCLUSIONES

- Se determino el Índice de Calidad del Agua para Consumo en la comunidad Shungubug, Parroquia Flores, Cantón Riobamba, concluyendo que el agua es apta para el consumo de los pobladores de dicha parroquia con un ICA promedio de 77,33, teniendo un color verde, el cual según la clasificación de ICA – NSF es buena.
- Se diagnosticó la situación actual del sistema de abastecimiento del agua de consumo de la comunidad Shungubug, Parroquia Flores, Cantón Riobamba, la cual es consumida directamente de la vertiente.
- Se determinó los puntos de muestreo a lo largo del sistema para el estudio de la calidad del agua de consumo en la comunidad, dando a conocer tres puntos específicos para la determinación, el primero y segundo punto de muestreo se escogió debido a que en el lugar se unen las dos fuentes de Alao Pungala y Pilishuaco de Cebada y el tercer punto de muestreo se estableció en Chililing Flores.
- Se realizó una caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo en la comunidad Shungubug según la norma INEN 1108: 2006, en la cual se pudo concluir que el Flúor era el único parámetro fuera de norma y al ser cancerígeno debe ser tratado con las alternativas de tratabilidad que se estableció.
- Se estableció alternativas de tratabilidad adecuadas para un buen funcionamiento del sistema de distribución de agua de consumo en la comunidad, las cuales fueron la tratabilidad con Cal, la tratabilidad con alúmina, la tratabilidad con fosfato tricálcico, y la tratabilidad con carbón activado.
- Se caracterizó el agua en base a la normativa INEN 1108:2006 para validar la tratabilidad más adecuada, dando como mejor resultado la alúmina, con una concentración de 375 ppm, sin afectar el pH, permitiendo el consumo del agua a la comunidad.

- Se realizó una capacitación como lo indica el anexo F y G, a las personas encargadas del mantenimiento del sistema de distribución de agua de consumo en las comunidades y cada poblador de la comunidad, estableciendo que deben dosificar sus tanques de almacenamiento antes de consumir el agua y realizando un mantenimiento de los tanques cada dos meses para sedimentar el agua.

RECOMENDACIONES

- Dar mantenimiento a los tanques reservorios de agua entubada.
- Realizar un estudio de sistema de tratabilidad de agua para la implementación de dosificadores y de cloros y un sistema de evacuación de sedimentos.
- Implementar un sistema de tratamiento de agua para poder controlar todos los parámetros que están fuera de norma.
- Determina los parámetros específicos que serán considerados en el cálculo del ICA. Estos pueden incluir pH, temperatura, concentración de oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, nitratos y fosfato, entre otros. Seleccionar aquellos que sean más representativos de la calidad del agua.
- Recopilar datos de campo o laboratorio para cada uno de los parámetros seleccionados, asegurándose de contar con mediciones precisas y representativas de la calidad del agua en la ubicación específica que estás evaluando.
- Definir las categorías de calidad del agua basadas en los resultados del ICA, como por ejemplo, excelente, buena, regular o mala. Esto facilitará la comunicación de los resultados a otras personas interesadas.
- Analizar periódicamente los parámetros del agua, controlando el nivel de tratamiento que se aplica.

BIBLIOGRAFÍA




1. **ADA, Q. y MARTEL, B.** ASPECTOS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. pág. 9.
2. **AMBIENTAL, G. para la S.** Problemas de salud por el consumo de agua no potable, (2011). pág. 2.
3. **ANIÓNICO, P. y AGUA, E.N.** DISMINUCIÓN DE FLÚOR Y ARSÉNICO UTILIZANDO SULFATO DE ALUMINIO Y. , no. January 2002, (2017). pág. 3.
4. **BOSCH, J.R.** La calidad de las aguas. *Revista de Obras Publicas*, vol. 146, no. 3388 (1999), ISSN 00348619. pág. 1.
5. **CARREÑO-MENDOZA,**(ed). Características socioeconómicas y problemas sanitarios asociados a la calidad del agua en las comunidades de Balsa en medio, Julián y Severino del Ecuador.//Socioeconomic characteristics and health problems associated with water quality in the balsa commu. *Ciencia Unemi*, vol. 12, no. 30 (2019), ISSN 1390-4272. DOI 10.29076/issn.2528-7737vol12iss30.2019pp23-34p. pág. 6.
6. **CASO, E.D.E.** Las enfermedades de origen hídrico. pág. 1.
7. **CORPORACIÓN, G.** Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ambito rural. *Corporación Alemana para la cooperación internacional (GIZ)*, (2017). págs. 35-36.
8. **FUENTES, J.L.** Aguas Subterranas. *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 110, no. 9 (2017), ISSN 1098-6596. pág. 2.
9. **GUACHICHULLCA, E.,** (ed). Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo. (2022). págs. 36-40.
10. **LIMON, P.J. y WEBB, R.H.** A Magnetic Resonance Experiment for the Undergraduate Laboratory. *American Journal of Physics*, vol. 32, no. 5 (1964), ISSN 0002-9505. DOI 10.1119/1.1970348. pág. 1.
11. **ORELLANA, J.A.** Tratamiento De Las Aguas. *Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO*, (2005). pág. 1.
12. **ORGANOL, C. y FISIOL, O.** TEMA : ANÁLISIS DE AGUAS. págs. 10-46.
13. **PROVEEDORES, D., APTITUD, E. De y CALIDAD, S.** Densidad del Agua, (2010). pág. 2.
14. **RAMÍREZ ARCILA, H. y JARAMILLO PERALTA, J.** Agentes Naturales como Alternativa para el Tratamiento del Agua. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 11, no. 2 (2010), ISSN 2500-5316. DOI 10.18359/rfcb.1303. págs. 2-5.

- 15. RAMOS-ORTEGA, (ed).** Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Acta Biologica Colombiana*, vol. 13, no. 3 (2010), ISSN 0120548X. págs. 3-5.
- 16. SECRETARÍA DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA.**
Agua potable, diversidad biológica y desarrollo: Guía de buenas prácticas. S.l.: s.n. ISBN 9292252399. pág. 8.
- 17. UNICEF.** Es Una De Las Principales Causas De La Desnutrición Crónica, (2010). pág. 1.



ANEXOS

ANEXO A: TOMA DE LAS MUESTRAS EN LOS DIFERENTES PUNTOS

a)		b)		c)		
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA	TOMA DE LAS MUESTRAS EN LOS DIFERENTES PUNTOS		
a) Muestreo en el punto 3, Chililing Flores. b) Muestreo en el punto 1, Pilishuaco de Cebada. c) Muestreo en el punto 2, Alao Pungala.						
			ELABORADO POR: Bonilla López Alisson Nayely	01	1:1	2024/03/06

ANEXO B: DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS

a)



b)



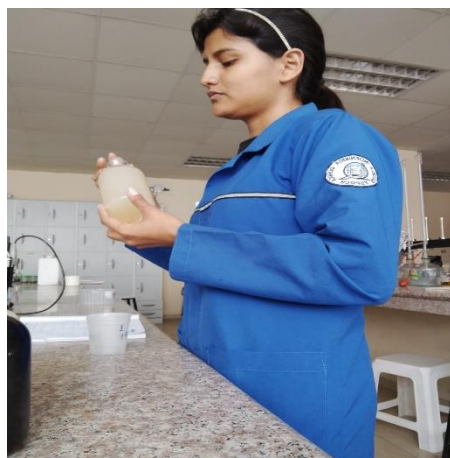
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA		
a) Cálculo del Flúor. b) Cálculo del Aluminio.					
		FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Bonilla López Alisson Nayely	01	1:1	2024/03/06

ANEXO C: CÁLCULO DEL DBO_5 Y OD

a)



b)



c)



NOTAS: c) Cálculo del DBO_5 . d) Cálculo del OD e) Aireación del agua	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Bonilla López Alisson Nayely	CÁLCULO DEL DBO_5 Y OD		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			01	1:1	2024/03/06

ANEXO D: CAPACITACIÓN A LOS POBLADORES DE LA PARROQUIA FLORES

a)



b)



NOTAS:

- a) Capacitación a jóvenes de la Parroquia Flores.
- b) Distribución de afiches a moradores de la Parroquia Flores.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

ELABORADO POR:
Bonilla López Alisson Nayely

OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

LÁMINA	ESCALA	FECHA
01	1:1	2024/03/06

ANEXO E: APLICACIÓN DE LA TRATABILIDAD

a)



b)

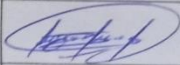
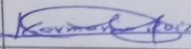
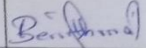
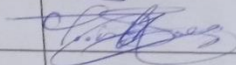


c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA		
a) Tratabilidad con CAL. b) Tratabilidad con Alúmina. c) Tratabilidad con Fosfato Tricálcico.			<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	LÁMINA
		FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Bonilla López Alisson Nayely	01	1:1	2024/03/06

ANEXO F: ASISTENCIA A LA CAPACITACIÓN

LISTADO DE LA CAPACITACIÓN A LAS PERSONAS ENCARGADAS DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LA COMUNIDAD SHUNGUBUG, PARROQUIA FLORES, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA CHIMBORAZO				
Nombre	Cargo	N° de Cédula	Parroquia	Firma
Miguel Harocho	Presidente	060748159-9	Flores	
Germania Ruiz	Moradora	060223147-4	Flores	
Bartha Saez	Tesorera	060416827-8	Flores	
Alfonso Saiz	Operador	060191107-9	Flores	

NOTAS: Firmas de los asistentes a la capacitación	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Bonilla López Alisson Nayely	CAPACITACIÓN		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			01	1:1	2024/03/13

ANEXO G: CAPACITACIÓN A LOS ENCARGADOS DE LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA





NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	CAPACITACIÓN		
Capacitación a los líderes encargados de la distribución del agua.					
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Bonilla López Alisson Nayely	01	1:1	2024/03/13



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 12/07/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Alisson Nayely Bonilla López
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
 Mónica Lilián Andrade Avalos Directora del Trabajo de Titulación  Marco Raúl Chuiza Rojas Asesor del Trabajo de Titulación