

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANÁLISIS
HIDROQUÍMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

Trabajo de fin de carrera titulado:

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANÁLISIS
HIDROQUÍMICO, EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA
ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI.**

Realizado por:

JIMMY JAVIER ESCUDERO ANDINO

Director:

PHD. MIGUEL MARTINEZ FRESNEDA MESTRE

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Quito, 16 de febrero de 2021

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, JIMMY JAVIER ESCUDERO ANDINO, con cédula de identidad número 0503761835, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

FIRMA

JIMMY JAVIER ESCUDERO ANDINO

0503761835

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANÁLISIS
HIDROQUÍMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANÁLISIS
HIDROQUÍMICO, EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA
ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI.”**

Realizado por:

JIMMY JAVIER ESCUDERO ANDINO

como Requisito para la Obtención del Título de: **MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL**

ha sido dirigido por el profesor

MIGUEL MARTINEZ FRESNEDA MESTRE

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



FIRMA

Phd. Miguel Fresneda Mestre

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

MSc. Katty Coral Carrillo

Phd. Jesús López Villada

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador

FIRMA

Msc. Katty Coral Carrillo

FIRMA

Phd. Jesús López Villada

Quito, 02 de julio de 2021

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a Dios quien guía

y me da fortaleza junto a mis seres queridos

quienes me ayudan día a día.

A mi madre y hermanos quienes, con su esfuerzo,

cariño me han permitido guiar mi camino y

culminar mis estudios quienes son un ejemplo de esfuerzo y valentía.

Finalmente quiero dedicar a mi tutor y

lectores quienes tuvieron la paciencia en guiar, brindar el apoyo y conocimiento

necesario para culminar mis estudios.

Jimmy Escudero

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

AGRADECIMIENTO

Al culminar una etapa más en mi vida,
quiero extender un profundo agradecimiento
para mi familia por el constante apoyo recibido
de su parte. A la Universidad Internacional SEK
y a todos los docentes que impartieron sus
conocimientos, con el fin de tener un profesional
competente en el campo laboral y que sea el orgullo
de sus enseñanzas.

Finalmente, pero no por eso menos importante,
agradecer a Dios por todas las bendiciones que
he recibido de parte de Él

Jimmy Escudero

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANÁLISIS
HIDROQUÍMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI
RESUMEN**

El estudio tiene como propósito la evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua en la comunidad Ponce Quilotoa, parroquia Zumbahua. Se ha utilizado la metodología de evaluación Hidroquímica; teniendo en cuenta que la fuente hídrica en mención es destinada para consumo humano, sin embargo, es evidente que el deterioro de las fuentes de abastecimiento incide directamente en el nivel de riesgo al consumir directamente, como referencia se utilizó normativas vigentes, herramientas ICA mismas que permitirán determinar las variaciones de la calidad del agua.

Se han tomado muestras en tres puntos específicos, que fueron analizadas en un laboratorio. Los parámetros analizados como (conductividad eléctrica, arsénico, Coliformes fecales, cadmio, cianuro, cobre, cromo hexavalente, fluoruro, DQO, DBO, hierro total, mercurio, nitratos, nitritos, pH, plomo, selenio, sulfatos, sulfuros, turbiedad, aerobios mesófilos, colibacilos totales.) se han determinado mediante el Acuerdo Ministerial 061, referentes a criterios de calidad para uso doméstico, en los cuales según la normativa vigente se realizó un análisis Hidroquímico. Para determinar el grado de error en un análisis químico, se realizó el cálculo de error del balance iónico y posteriormente un análisis comparativo entre los diferentes parámetros determinados en el laboratorio.

La composición físico-químico del agua se lo realizó en los tres puntos de muestreo de donde se recogió unas muestras por punto, esta se le realizó en la temporada lluviosa donde existe un reabastecimiento por infiltración de las cuencas por aporte de la lluvia, determinando pH, conductividad eléctrica, iones mayores y metales pesados (mercurio, plomo, cadmio, cromo). El pH arrojó un resultado de 7.23 a 7.53, determinándose como agua óptima para uso doméstico; encontrando principalmente una notación alcalina con peligro a salinización media baja de sodicidad. Se encontró un valor de 0.2 mg/l en arsénico superando el valor establecido de acuerdo a la normativa vigente.

Con los resultados obtenidos se puede identificar la posibilidad de la contaminación microbiológica con la tasa de morbilidad en el sitio de estudio a través de indicadores de sanidad, higiene y agua segura para beber, de esta manera la comunidad y autoridades determinen la necesidad de invertir en un tratamiento previo del agua destinada para uso doméstico.

Key words: Análisis Hidroquímico, Ponce Quilotoa, Agua subterránea, Índice de Calidad de Agua (ICA), Físico-químico, microbiológico.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI
ABSTRACT**

The purpose of the study is the physiochemical and microbiological evaluation of water quality in the Ponce Quilotoa community, Zumbahua town. The methodology used was hydrochemical evaluation, considering such hydric source is destined for human consumption. However, it is clear that the supply sources deterioration is directly related to water consumption risk. The references used were current regulations and ICA tools that will allow to determine variation in water quality.

Samples in three specific points were taken and analyzed in the lab. Parameters analyzed were electric conductivity, arsenic, fecal coliforms, cadmium, cyanide, copper, hexavalent chrome, fluoride, DQO, DBO, total iron, mercury, nitrates, nitrites, pH, lead, selenium, sulphates, sulphides, turbidity, aerobic mesophilic, and total coli bacilli. These parameters have been determined according to ministry policy 061, referring to quality criteria for domestic use. According to current regulations, such criteria provides a hydrochemical analysis. In order to determine the margin of error for the chemical analysis, the ionic balance margin of error was calculated. Additionally, an analysis comparing different parameters obtained in the lab was also conducted.

The physic-chemistry composition of water was obtained from the samples coming from three specific points. The samples were conducted in the rainy season to obtain replenishment by infiltration of water basins due to rain. Therefore, pH, electric conductivity, major ions, and heavy metals (mercury, lead, cadmium, chrome) were determined. The pH obtained was in a range of 7.23 to 7.53, thus concluding water as optimum for domestic use. An alkaline trend with a medium-low risk of salinization was found. The concentration for arsenic was 0.2mg/L, which surpasses the value set by current regulations.

The obtained results allow to identify the chance of microbiological contamination by using the value of morbidity in the sample location throughout sanity, hygiene, and drinkable water data points. Consequently, the community and authorities can determine the need to invest in water treatment before being destined for domestic use.

Key words: hydro chemical analysis, Ponce Quilotoa, underground water, Water Quality Index, physic-chemistry, microbiological.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANÁLISIS
HIDROQUÍMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI
INTRODUCCIÓN**

El agua es parte fundamental en el desarrollo de las actividades socio-económicas de la población, sin embargo, las actividades realizadas por el ser humano han provocado un deterioro, cambio y alteración en la calidad del agua; provocando así un impacto negativo en la salud pública, pues el agua no tiene ningún tratamiento previo a su consumo.

En las comunidades indígenas el consumo del agua es de manera directa, no siendo tratada de manera adecuada y dando un correcto uso. Las actividades humanas como ambientales provocan que las características físicas, químicas y microbiológicas sean alteradas causando un alto riesgo sanitario.

En la actualidad se realizan análisis físicos-químicos empleando métodos de acuerdo a los Índices de Calidad de Agua (ICA), tengamos en cuenta que la Tierra está compuesta por 1.4×10^9 kilómetros cúbicos de agua en forma de océanos, mares, ríos, lagos y apenas el 3% del total es recurso hídrico en forma de agua dulce, la misma que va disminuyendo de acuerdo a la demanda poblacional que va en incremento cada año junto a sus actividades e industrialización. (Ramos Vizcarra, 2018)

El grado de contaminación a nivel mundial se incrementa día tras día siendo incontrolable, lo que provoca una alteración del medio natural como fuentes hídricas, la eutrofización de los lagos, ríos y aguas subterráneas se evidencia por el deterioro de los ecosistemas acuáticos e incluso terrestres. De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua los principales lagos y cuencas de ríos de América del Sur se encuentran bajo una gran demanda debido al incremento de la población y a la contaminación procedente de actividades industriales y agrícolas que han ocasionado la alteración de factores ambientales como aire, agua y suelo. (Monforte García & Cantú Martínez, 2009)

El constante deterioro de los cuerpos de agua hace primordial su evaluación con el fin de tomar acciones de control y mitigación del nivel de riesgos existentes, así fundamentar un posible tratamiento dentro del consumo de agua de una población.

El presente trabajo se fundamenta en el análisis de la calidad de agua en diferentes objetivos:

Objetivo General

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANÁLISIS HIDROQUÍMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

- Evaluar la composición físico-química y microbiológica de fuentes de agua de la comunidad Ponce Quilotoa mediante la aplicación de índices hidroquímico determinándose así la calidad de agua.

Objetivos Específicos

- Aplicar los Índices de Calidad del Agua (ICA) verificando con la normativa vigente de acuerdo a los criterios de Calidad de Fuente de Agua para Consumo Humano y Doméstico.
- Identificar la calidad del recurso hídrico mediante un análisis hidroquímico de sus componentes iónicos.

Es importante durante el estudio mantener un conocimiento de las actividades y procesos naturales o antrópicas que pueden influenciar dentro del sistema hídrico, esto permitirá un análisis hidroquímico correcto de los componentes iónicos encontrados en el agua y determinar de acuerdo a sus relaciones y ser comparadas en el Diagrama de Piper.

1.1. Importancia de conservación del agua en el páramo

Tengamos en cuenta que los páramos son una de las fuentes hídricas más importantes de Ecuador considerado como el proveedor del recurso hídricos, para cumplir con las actividades que desempeña el de ser humano. Siendo muy claro que las funciones hidrológicas son valiosas como herramienta para las diferentes regiones. Según (Robert, 1997), no existe normas ambientales que se respete, sin embargo se podría aplicar solamente abandonando las actividades agrícolas para que exista una sostenibilidad ecológica tango agrícola como hídrica, sin embargo al ser una de las fuentes socioeconómicas más importante en los Andes existe una alta intervención humana en zonas vírgenes. Para ello es importante una conservación y manejo adecuado de los recursos hídricos para evitar una contaminación sea por pesticidas o cualquier otra sustancia ajena.

1.2. Indicadores de calidad del Agua (ICA)

Importante mencionar que las herramientas necesarias para valorar los recursos hídricos son representadas mediante una expresión matemática que permite la combinación de conjunto de parámetros. Esto es destinado mediante un análisis físico-químico y microbiológico del agua evidenciando Límites Máximos Permisibles para cada actividad en este caso se debe tomar en cuenta la Tabla 1. CRITERIOS DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO, ante ello se toma en cuenta los factores ambientales del lugar si estas son

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

variables o de origen natural al momento de presentarse contaminación, nos permitirá encontrar variables como oxígeno disponible, materia orgánica, sólidos, mineralización, ácidos en el agua. (Pranata dkk, 2013)

Los ICA tiene por objetivo estimar entre 1 y 0 ó 0 y 100 el grado de calidad de un determinado cuerpo hídrico donde representa el problema de contaminación. Mediante los parámetros físicos-químicos y microbiológicos, para aplicar ICA debemos contar con las variantes de pH, Oxígeno Disuelto, Conductividad eléctrica, Demanda química de Oxígeno, etc. Estas son determinadas mediante un laboratorio. (Piedrahita, 2018)

La metodología para la estimación ICA se usa mediante una ecuación de cálculo propuesta por Brown, donde su estructura se basa en la normalización de los parámetros conforme a las concentraciones, donde existe dos enfoques el primero el producto ponderado dando pesos de importancia a los puntajes con el peso que son multiplicados, y el segundo a la suma ponderada. El valor del índice es llamado valor aritmético no ponderado. (Madsen et al., 2018)

1.3. Análisis Hidroquímico

El análisis hidroquímico de las fuentes de origen subterráneo en la comunidad de Ponce Quilotoa tiene el propósito de evaluar las condiciones del agua para consumo humano. Esto se realizará mediante un análisis de muestras enviadas a laboratorio donde se obtiene el respectivo análisis químico como por ejemplo Ca, Mg, Na, Cl⁻, Fe, etc. (Sánchez-gonzález, 2014)

Para el análisis hidroquímico es fundamental realizar un monitoreo en dos diferentes temporadas la invernal y verano. Estos análisis se deben realizar bajo dos criterios de análisis: la exactitud (concentración verdadera) y la precisión (variabilidad de resultados que se den con la muestra y el cálculo de desviación). (Mariño & García, 2018)

Se identifica los puntos de muestreos representado por coordenadas geográficas, encontrando desde el punto de inicio el agua subterránea, el mismo que se destinó la toma de tres puntos a muestrear el primero la fuente de origen o vertiente, el segundo un tanque reservorio, y tercero la llave de agua del consumidor, estos puntos de muestreos consideramos representativos por los diferentes niveles de accesibilidad. Comenzando el muestreo en la etapa invernal donde existe una mayor infiltración y reabastecimiento de agua para la vertiente y el segundo muestreo será en verano para determinar los niveles de alteración o modificación entre las dos temporadas.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANÁLISIS HIDROQUÍMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

Es necesario realizar un cálculo de error en las muestras realizadas, se determina para verificar la fiabilidad del análisis de agua, esto nos permitirá realizar durante el proceso de cálculo, donde se considera que las disoluciones deben cumplir siendo eléctricamente neutra, para ello debemos transformar los iones expresados en miligramos por litro a miliequivalente por litro, determinando el cálculo de error en miliequivalente por litro igual a la resta de cationes menos aniones dividido para la suma de cationes y aniones por 100, siendo como resultado casi la mayoría de laboratorios por encima del 2% pero si la desviación es superior al 5% tenemos que revisar el método de muestreo y procesos analíticos usados. (Esteve Domingo et al., n.d.) El análisis hidroquímico es representado mediante el diagrama de PIPER, representado por dos triángulos que recogerá la información de sus componentes donde su suma debe dar el 100% del total, este diagrama contiene la suma de los cationes y aniones, y un tercer triángulo donde representa la unión de los cationes y aniones. (Verma et al., 2020). Este diagrama será representado mediante un gráfico realizado por un programa automático EASY QUIM al momento de digitalizar los resultados de los iones y cationes presentes para su análisis.

Se debe realizar la tabla de datos encontrado mediante coordenadas geográficas donde recopile los resultados de trabajo en el campo y poder monitorear los puntos en un mapa. Mismas que se deberá realizar un análisis de campo con el Nombre de la muestra, fecha, temperatura, pH, temperatura, Conductividad Eléctrica. Tenemos en cuenta que no siempre la jerarquía de los laboratorios puede determinar un valor correcto de resultados, para esto debemos analizar el valor del porcentaje de error entre aniones y cationes para contabilizar e indicar la fiabilidad de los resultados, para este análisis debemos considerar únicamente lo iones mayoritarios que presenten concentraciones significativas, para el análisis siempre debemos tener en cuenta que el número de aniones debe ser similar al de cationes.

1.4. Composición Química

La composición química del agua subterránea natural se define a partir del análisis de las muestras recolectadas adecuadamente y cuantificada para sus concentraciones, siendo más de 60 componentes provenientes del agua subterránea, el análisis químico se generará y fundamentará entre 10 y 16 parámetros fundamentales. En consecuencia, se debe tomar en cuenta los cambios del factor ambiental que dinamiza con la composición de la misma, para ello debemos tomar en cuenta las posibles variaciones en tiempo y espacio. (Ramos Vizcarra, 2018)

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

Las posibles variables que se debe determinar que pueden estar presentes son de acuerdo a la clasificación Frezww and Cherry (1979):

Constituyentes mayoritarios:

- Aniones: HCO_3 , Cl^- , SO_4^{-2} , NO_3^-
- Cationes: Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , NH_4^+

Constituyentes minoritarios

- Aniones: F^- , S^{-2} , Br^- .
- Cationes: M^{+2} , Fe^{+2}

Tenemos que las condiciones particulares constituyen en alcanzar los rangos permisibles esto se encuentra en agua dulce que constituyen por lo general en forma iónica o molecular.

1.5.Morbilidad en la parroquia Zumbahua

Según la (UNESCO, 2019) el 4% de total de muertes se debe a los problemas relacionados con el agua, desagües e higiene, siendo las aguas superficiales fuentes de contaminación permanente por las actividades humanas. El agua de la que se abastece esta parroquia tiene origen subterráneo y se consume de forma directa sin ningún tratamiento.

Las enfermedades más comunes de la parroquia pueden ser causa del consumo de agua con patógenos o parámetros por encima de los límites máximos permisibles. Se presentan los casos de morbilidad de esta comunidad la Tabla 1. del total de 521 casos, la más frecuente resulta de enfermedades gastrointestinales de origen infeccioso con un total de 400 casos tomando en cuenta que la población aproximada es 982 habitantes. Evidencia de esta forma la necesidad de realizar un análisis hidroquímico que permita realizar un diagnóstico adecuado de las fuentes de agua para consumo humano.

Tabla 1. Casos de Morbilidad

ENFERMEDADES	TOTAL
OTRAS GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN INFECCIOSO	400
GASTROENTERITIS Y COLITIS DE ORIGEN NO ESPECIFICADO	48
AMEBIASIS INTESTINAL CRONICA	23
AMEBIASIS, NO ESPECIFICADA	20

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

INFECCION INTESTINAL BACTERIANA, NO ESPECIFICADA	12
DISENTERIA AMEBIANA AGUDA	7
GIARDIASIS [LAMBLIASIS]	7
COLITIS AMEBIANA NO DISENTERICA	2
ENFERMEDAD INTESTINAL DEBIDA A PROTOZOARIOS, NO ESPECIFICADA	2
Total general	521

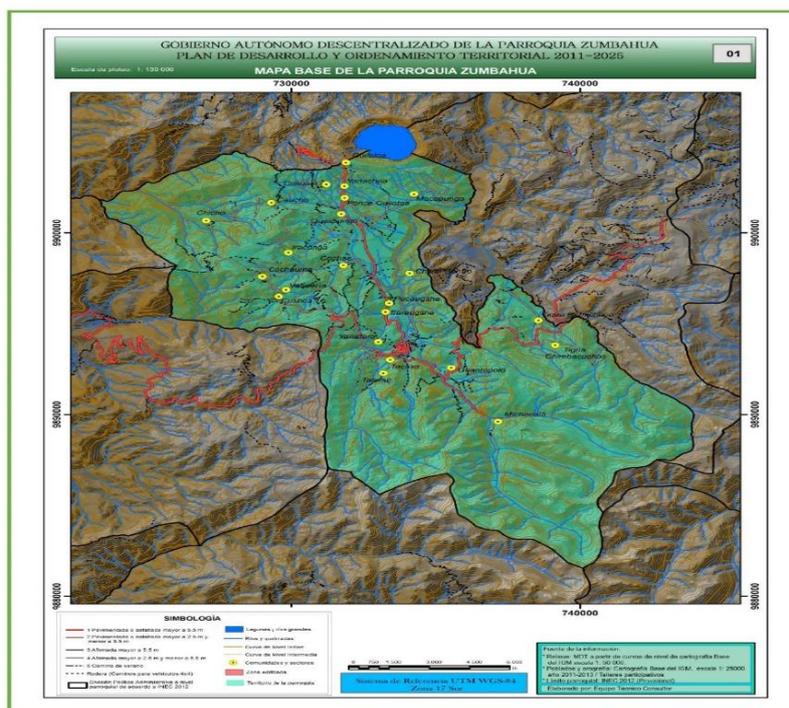
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de Estudio

La comunidad rural de Ponce Quilotoa está ubicada en el cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi. Se encuentra a 3800 msnm con un total de 982 habitantes, Se trata de un enclave turístico cercano a la Laguna del Quilotoa. Dentro de la provincia esta se encuentra a 3800 msnm a una latitud y longitud (0733270 E; 990158.2 N).

La parroquia de Zumbahua se delimita geográficamente: Norte con el cantón Sigchos y la parroquia de Guangaje, Sur la parroquia de Angamarca parte del cantón Salcedo y Tungurahua, Este Pujilí y Salcedo y Oeste las parroquias de Pilaló y El Tingo, variando su altitud de 2080 msnm a 4480 msnm. (GAD Zumbahua, 2015)

Figura 1. Mapa de la parroquia Zumbahua y Área de Estudio



**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

TABLA 2. Coordenadas de las Muestras

NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Fuente de Agua	0737965 E	9900931 N	3347 msnm
Tanque Reservorio	0733011 E	9901907 N	3629msnm
Llave de Agua	0731837 E	9902874 N	3811msnm

Con base en un plano del área urbana producto de la digitalización de la imagen satelital (Google Earth) se identificaron y seleccionaron los puntos de muestreos en la comunidad de Ponce Quilotoa, seleccionando puntos estratégicos mediante un GPS y representando dentro de la imagen satelital, estas visualizando en la Tabla 2. Coordenadas de Muestreo.

Figura 2. Imagen satelital de la comunidad Ponce Quilotoa y los puntos de muestreo.



DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

2.2. Métodos de Campo

Para la toma de muestras se realizó el siguiente procedimiento:

2.2.1. Criterios para la selección del punto

- **Accesibilidad:** El punto de muestreo número 1 generado como fuente de agua es un lugar de difícil acceso vehicular y peatonal para ello se toma en cuenta a una persona quien pueda ayudarnos en el transporte mediante una caminata de una hora aproximadamente. El punto numero dos se encuentra cerca de la comunidad Ponce Quilotoa nombrada como tanque reservorio el mismo que es parte in-situ de fácil acceso. Punto número tres nombrado como llave de agua sea fácil acceso siendo directamente ya donde está destinado el consumo de la misma.
- **Representatividad:** Esta fue seleccionado por la representatividad que existe dentro de cada punto ya sea el punto inicial cercano al Rio Toachi siendo esta parte del transporte de aguas servidas de la Parroquia Zumbahua.

Estos puntos fueron seleccionados principalmente porque el agua es de un yacimiento proveniente subterráneo esto ayuda y permite realizar el análisis hidroquímico del agua, mismas que se selecciona los puntos 1 por ser la vertiente, punto 2 por el trascurso de la escorrentía del agua va de una altitud menor a una mayor mediante motor, y la tercera el destino del agua que llega al consumidor.

2.2.2. Preparación del muestreo

1. Preparación del envase para toma de muestra en este caso acordado con el laboratorio un envase plástico de dos litros para muestras físico-químicas y un envase de un litro para microbiológico.
2. Preparación del cooler para transporte del punto de muestreo hacia el laboratorio misma que es bajo refrigeración para evitar la alteración de las características.
3. Toma de puntos y coordenadas (guantes, Gps, cámara fotográfica, coolers.)
4. Organización de la logística con una guía del lugar para acceder a los diferentes puntos de muestreo.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

2.2.3. Toma de muestras

1. Llenar el recipiente de muestreo con un litro de agua para el análisis microbiológico y dos litros para el análisis físico-químico, sumergiendo el envase completamente dentro de la fuente hídrica para que no exista flujo de aire.
2. Registrar la coordenada mediante un GPS de los tres puntos a muestrear.
3. Caracterizar el sitio con fotografías.
4. Identificar las muestras (Numero de muestra, Nombre, Fecha y hora, Temperatura)

2.2.4. Sellado del recipiente

- Después de que la muestra es envasada se sellaron los recipientes con cinta de embalaje para evitar que por la tapa se pueda regar o romper y no se afloje.

2.2.5. Transporte de muestras.

- Debemos verificar que las muestras o el recipiente de almacenamiento contenga el hielo suficiente para la refrigeración hasta llegar al laboratorio, asegurando que esté completamente cerrado y evitando se destape.

2.3. Métodos de Laboratorio

La metodología que el laboratorio usa son de acuerdo a Estándar Methods for the Examination of Water and Wastewater de acuerdo (Company, 2000) donde determina la metodología y proceso de análisis de cada parámetro, las instalaciones del laboratorio deben entregar los resultados, para ello importante determinar las condiciones si son adecuadas a las que son entregadas. Las muestras que fueron tomados se deberán incluir con los parámetros a ser analizados tanto físicos químicos, microbiológicos, aniones y no metálicos.

Tabla 3. Parámetros Muestreados

PARÁMETROS	EXPRESADOS	UNIDADES	LÍMITES PERMISIBLES	MÉTODO
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3	S.M. 5520 D

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

Arsénico	As	mg/l	0.1	S.M. 3111A
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	1000	Colilert
Cadmio	Cd	mg/l	0.02	APHA-4500Mod
Cianuro	CN	mg/l	0.1	APHA-4500 Mod
Cobre	Cu	mg/l	2	S.M. 3500 -B
Color	Color real	Unidades de platino -cobalto	75	S.M. 2120 B
Cromo hexavalente	Cr	mg/l	0.05	S.M. 3111 A
Fluoruro	F	mg/l	1.5	S.M. 4500 F
Demanda Química de Oxígeno	DBO	mg/l	<4	S.M. 5210 B
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	DBO ₅	mg/l	<2	S.M. 5210 B
Hierro total	Fe	mg/l	1.0	MAM-18/APHA 3111B
Mercurio	Hg	mg/l	0.006	S.M. 3111 A
Nitratos	NO ₃	mg/l	50	S.M. 4500-NO2- B

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

Nitritos	NO ₂	mg/l	0.2	S.M. 4500-NO3-B
Potencial de Hidrogeno	pH	Unidades de pH	6-9	S.M. 4500-H+B
Plomo	Pb	mg/l	0.01	S.M. 3111 A
Selenio	Se	mg/l	0.01	S.M. 3111 A
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	500	S.M. 4500-SO4=E
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100	S.M. 2130 B

Es importante determinar los parámetros para realizar el análisis hidroquímico del agua de fuente subterránea para consumo humano, estableciendo los resultados obtenidos en laboratorio y determinar mediante los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa vigente Acuerdo Ministerial 061.

Tengamos en cuenta que la metodología aplicada para el análisis y determinación de los resultados obtenidos en el laboratorio es reconocida a nivel nacional e internacional como es Estándar Methods for the Examination of Water and Wastewater, edición 22 de la APHA.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANÁLISIS
HIDROQUÍMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBABUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI
ANÁLISIS**

Los resultados obtenidos nos permitieron determinar los elementos físicos-químicos y microbiológicos presentes en el agua. Se ha determinado el lugar muestreado: por el lugar, su accesibilidad y representatividad en la comunidad, el estudio se fundamenta principalmente por tener cercanía con el Río Toachi que con el trascurso de su caudal es transporte de las aguas residuales provenientes de las comunidades aledañas y de la parroquia Zumbabua, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos del análisis microbiológico exceden en los parámetros de calidad. Como resultado de las tres muestras de agua se evidencia una alteración de varios parámetros que se debería analizar como la presencia de arsénico que supera los límites permisibles en la muestra 3 y no en las demás muestras.

Para ello se determinó la calidad de agua de acuerdo al índice de la calidad de agua (ICA), este método nos permite determinar la escala de un cuerpo de agua, independiente de su uso. Determinamos el tipo de agua y su clasificación de acuerdo a la ICA-NSF a nivel internacional que podemos evidenciar los resultados en la tabla 4. Resultados ICA_NSF, y en el grafico 18. Los valores de Q donde se determina la calidad por cada uno de los parámetros establecidos para el análisis de ICA.

En las muestras se determinaron los parámetros de acuerdo a la Tabla 1. CRITERIOS DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO, esto permitió realizar un análisis hidroquímico y profundizar las condiciones actuales del agua que consumen las comunidades beneficiarias de dicho recurso.

La comparación de los valores obtenidos con los límites máximos permisibles de la normativa vigente, así como los análisis hidroquímicos permitió realizar un análisis de las relaciones existentes entre varias combinaciones de los componentes químicos y determinar la calidad de agua.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI
RESULTADOS**

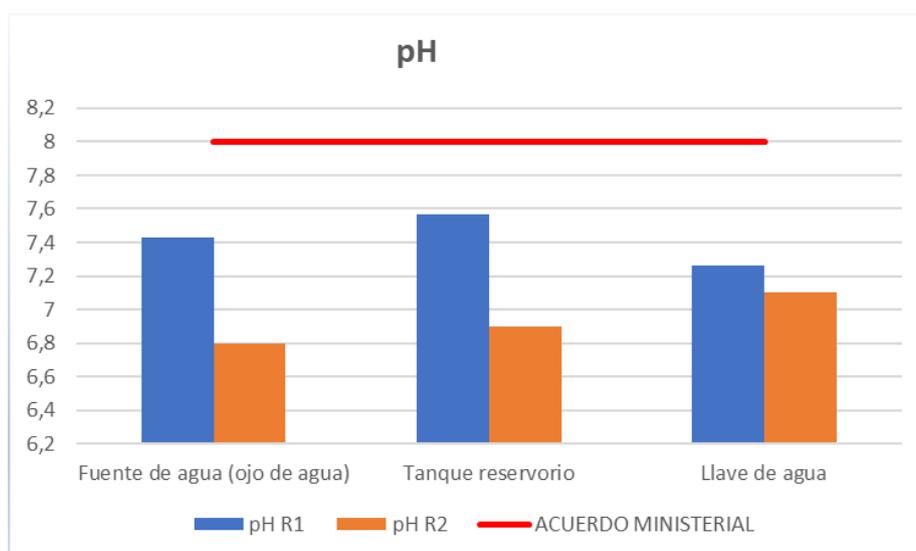
Los resultados obtenidos son de acuerdo a los análisis realizados en laboratorio y una comparación establecida con la norma vigente de acuerdo a los criterios de calidad de agua para consumo uno Tabla 1. Del acuerdo ministerial 061.

4.1.Resultados Físico- Químicos

4.1.1. pH

El pH representa el potencial de hidrogeno que contiene un cuerpo hídrico donde representa un valor mínimo y máximo para consumo humano, el valor establecido en los LMP debe variar de 6-8 unidades de pH. Encontrando en las muestras un valor óptimo para las tres muestras realizadas para la muestra 1 de 7.53, tanque reservorio de 7.23 y muestra 3 de 7.3 unidades de pH. En las segundas muestras encontramos un valor de pH de 6.8 a 7.1 dentro de las 3 muestras.

Figura 3. Resultados de pH



4.1.2. Aceites y Grasas

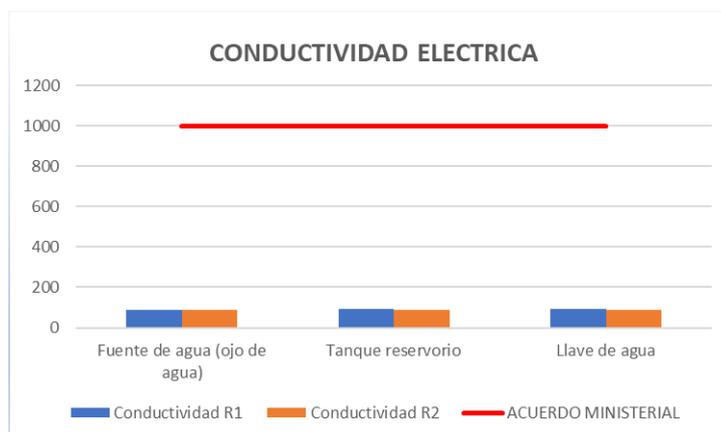
En los resultados obtenidos de laboratorio evidenciamos la ausencia de aceites y grasas en las muestras realizadas por ello encontrándose dentro del rango permitido.

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

4.1.3. Conductividad Eléctrica

Se obtenido en el análisis de la conductividad eléctrica un valor de 89.5, 93.7 y 92.7 respectivamente para las muestras 1,2 y 3, encontrándose dentro de los límites establecidos por la normativa vigente.

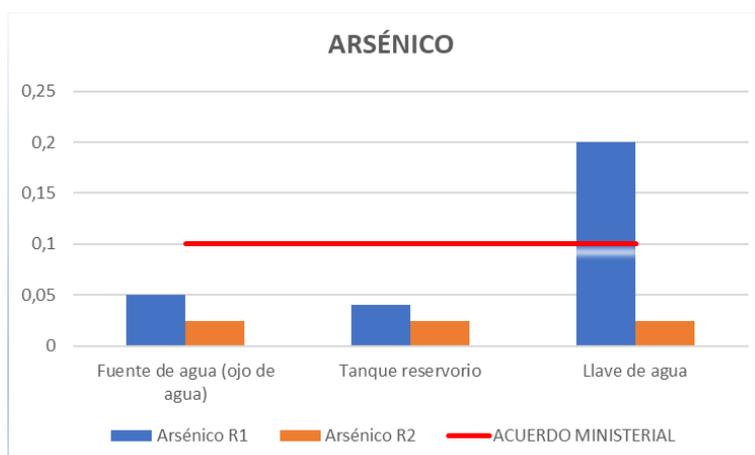
Figura 4. Resultados comparativos de la conductividad eléctrica y AM



4.1.4. Arsénico

El arsénico está presente de forma natural en aguas subterráneas y puede ser toxica para consumo y poner en riesgo la salud pública, en los análisis realizados encontramos un valor de 0.05, 0.04 y 0.2 mg/l para la muestra 1,2 y 3 por tanto determinamos que la muestra 3 supera el límite máximo permisible de 0.1 mg/l de agua. Para el segundo análisis realizado encontramos un valor de 0.025 mg/l de agua para las tres muestras evidenciando que ya no existe una alteración de valores.

Figura 5. Resultado del Arsénico

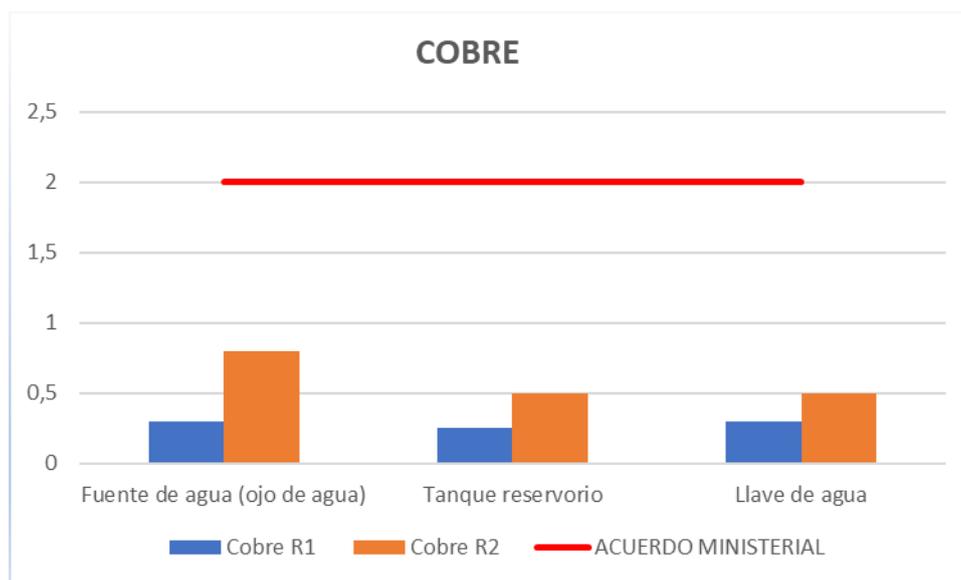


**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

4.1.5. Cobre

Los resultados obtenidos de cobre en el agua muestreada se ha obtenido valores de 0.3, 0.25 y 0.3 mg/l de agua encontrándose dentro del rango permisible y cumpliendo con la norma establecida de 2 mg/l de agua, teniendo en cuenta que su presencia puede ser por causa de la tubería y proveniente de origen subterráneo. Resultados obtenidos para las muestras durante la época seca encontramos 0.8, 0.5 y 0.5 para las muestras 1,2 y 3.

Figura 6. Resultados del cobre

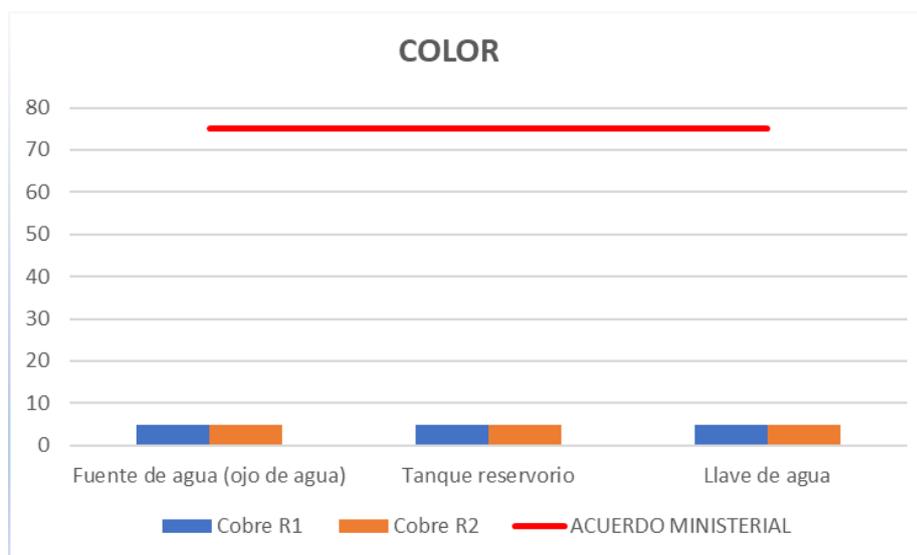


4.1.6. Color

El color depende mucho de las sustancias disueltas en el agua la medición de esta permite conocer el nivel de materia orgánica natural en el agua así encontramos para las 3 muestras realizadas un valor de 5 Pt-Co para los dos análisis realizados durante las épocas invernal o de verano estando por debajo de 75 Pt-Co representados en el grafico donde contemplamos los valores de laboratorio y los límites máximos permisibles.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

Figura 7. Resultado de color



4.1.7. Cadmio y Cianuro

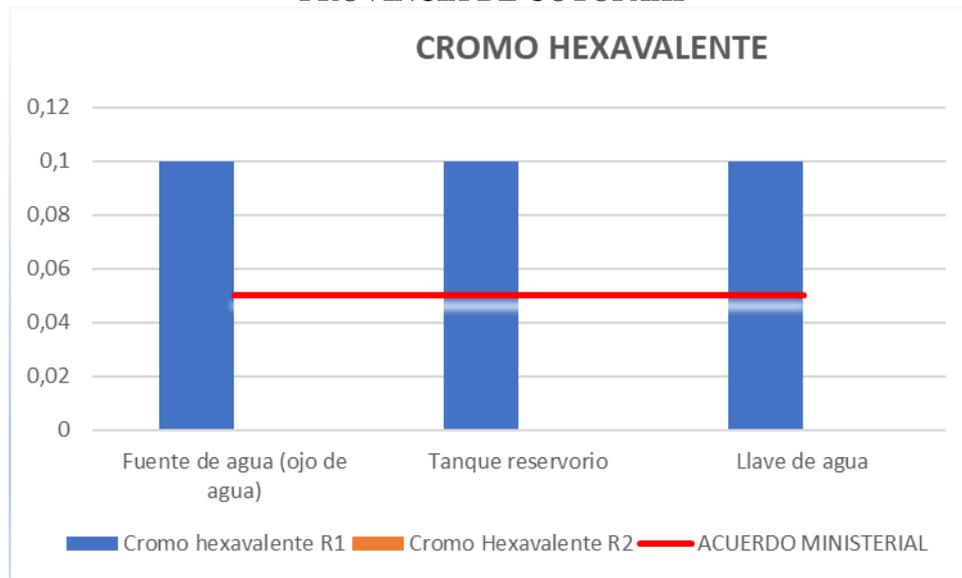
El cadmio y cianuro uno de los principales metales pesados y muy peligro causante de enfermedades como cáncer no se ha evidenciado en nuestros análisis realizados.

4.1.8. Cromo hexavalente

El cromo hexavalente uno de los compuestos tóxicos se ha encontrado dentro de nuestros análisis realizados, con valores para las 3 muestras de 0.1 mg/l de agua superando los límites máximos permisibles establecidos en nuestra normativa para consumo humano de 0.05 mg/l. Para el nuevo análisis encontramos que no existe presencia de cromo hexavalente dentro de las 3 muestras realizadas por tanto puede existir un mal manejo de las muestras o un error dentro del análisis realizado en laboratorio.

Figura 9. Resultados del Cromo hexavalente

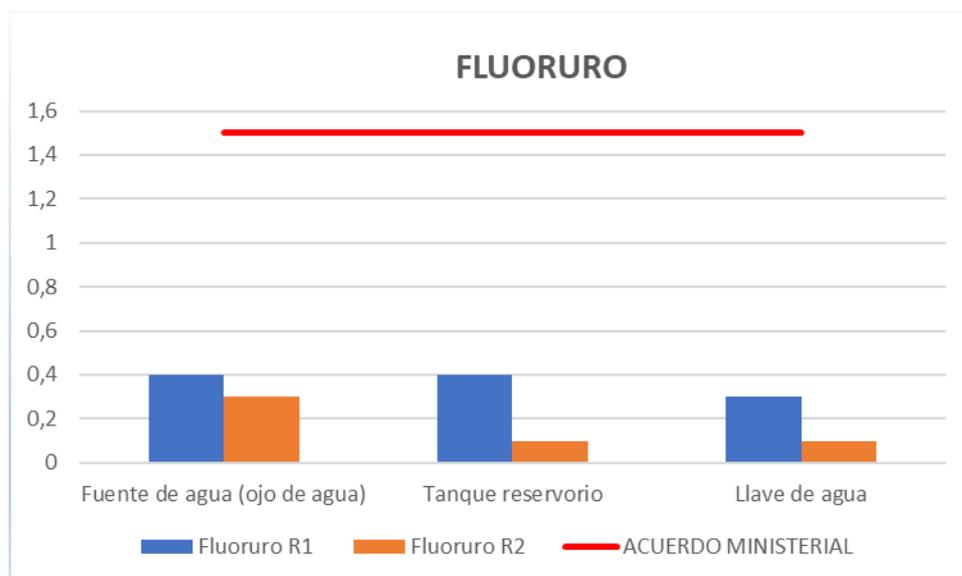
**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**



4.1.9. Fluoruro

El resultado obtenido de fluoruro en las muestras realizadas con un valor de 0.4 mg/l para la fuente de agua, 0.4 mg/l para el tanque reservorio y 0.3 mg/l para la llave de agua o consumidor final esta se encuentra y cumple con los LMP de 1.5 mg/l de agua. Para las segundas muestras encontramos valores de 0.3, 0.1 y 0.1 para las muestras 1, 2 y 3 correspondientemente en su orden.

Figura 10. Resultados Fluoruro

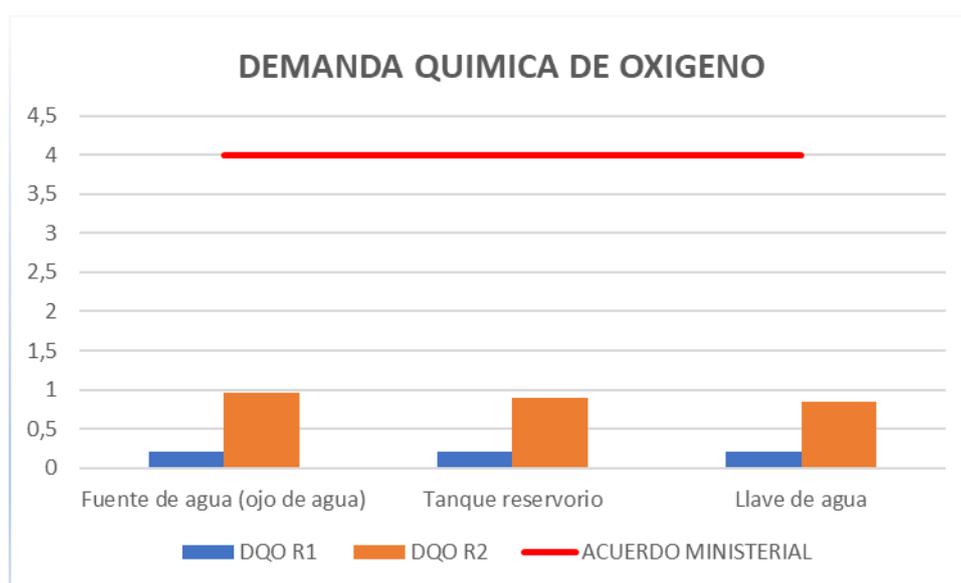


DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

4.1.10. Demanda Química de Oxígeno y DBO₅

La demanda química de oxígeno son las condiciones donde la cantidad de oxígeno se encuentra disuelto en el agua por ello encontramos un valor de 0.2 mg/l para las 3 muestras realizadas encontrándose por debajo de 4 mg/l establecidos. La DBO₅ se encuentra por debajo de los limites permisibles de 2 con un resultado de 0.3 para las muestras establecidas. En los nuevos análisis realizados encontramos un valor de 0.96 mg/l para la muestra 1, 0.90 mg/l para la muestra 2 y muestra 3 un valor 0.85 mg/l de agua.

Figura 11. Resultados DBO

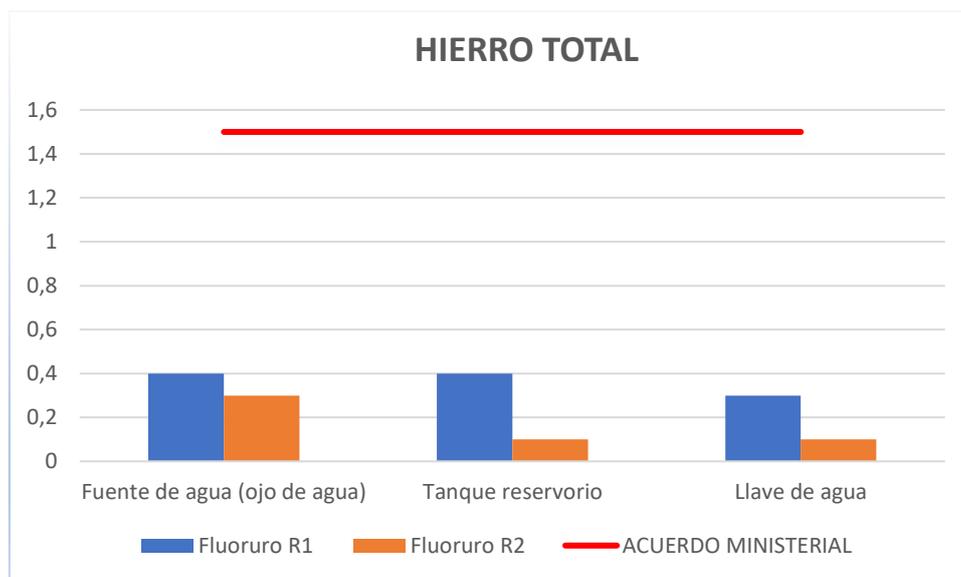


4.1.11. Hierro

Las concentraciones de hierro pueden presentar un peligro para la salud de la población al ser un metal pesado en el gráfico evidenciamos que para la muestra 1 un valor de 0.5, la muestra 2 sin ninguna presencia sin embargo para la muestra 3 que es el destino final de la muestra un valor de 0.9 muy cerca de los limites permisibles de 1 mg/l de agua. El segundo análisis realizo encontramos una ausencia de hierro para la muestra 1 y 3 mientras que para la muestra 2 encontramos un valor de 0.8 mg/l de agua.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

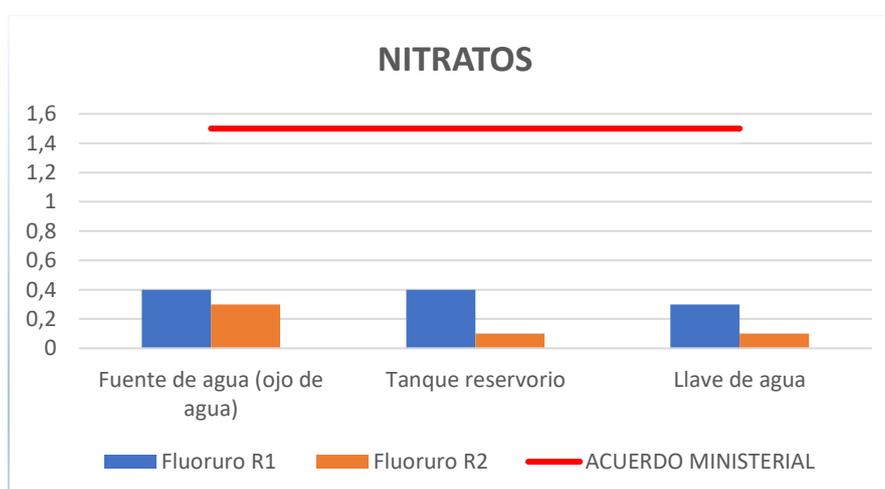
Figura 12. Representación de Hierro en el agua



4.1.12. Nitratos y nitritos

Estos parámetros son importantes para determinar la calidad de agua, son parte del ciclo del hidrogeno, el principal exceso puede provenir de las aguas subterráneas puede causar enfermedades en la población en general. Dentro de los análisis realizados se encuentra que para las 3 muestras un valor de 20 mg/l encontrándose dentro del rango permisible de 50 mg/l. nitritos vienen relacionados con los nitratos no se tuvo presencia de las mismas con un valor de 0 para las 3 muestras. En el último análisis realizado encontramos un aumento solo para la primera muestra de 25 mg/l mientras que la para las demás muestras encontramos una reducción a 10 mg/l de agua para las muestras 2 y 3.

Figura 13. Resultados de nitratos

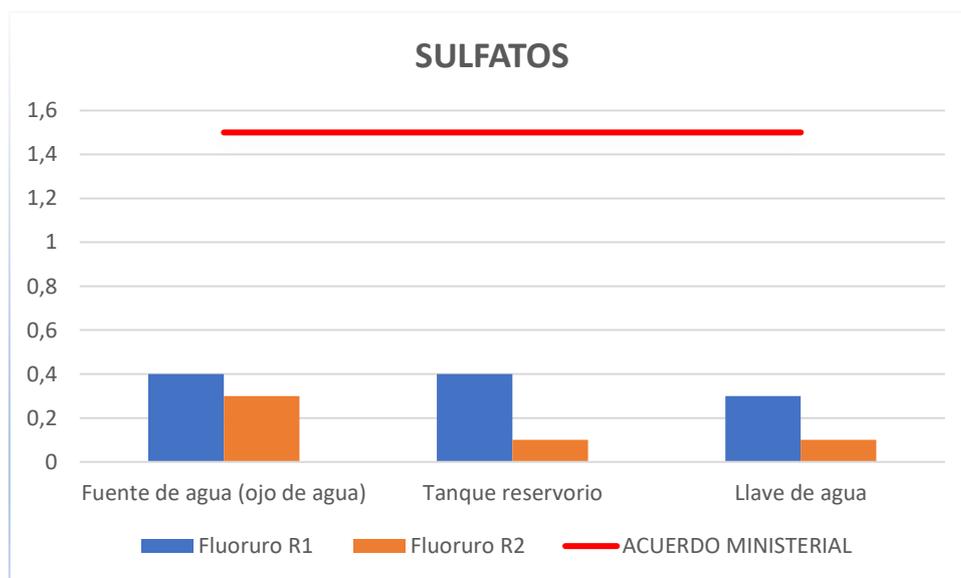


DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

4.1.13. Sulfatos y Sulfuros

El sulfato se puede encontrar de forma natural en todas las aguas sin embargo si se encontrara altas cantidades puede reaccionar como un laxante en las personas combinada con el calcio y magnesio. Encontramos durante nuestro análisis valores de 28.4 para la muestra 1, 29.2 para la muestra 2 y la muestra 3 de un valor 24/7 mg/l de agua estando por debajo de lo establecido en la normativa vigente. Encontramos concentraciones bajas de sulfuros que se encuentran con frecuencia en aguas subterráneas con valor inferiores a los permisibles de 0.2 mg/l de agua el límite establecido es de 1 mg/l, cumpliendo estos dos parámetros con lo establecido en la normativa vigente en la etapa invernal, en la etapa de verano encontramos 18.5, 18 y 17.8 mg/l de agua para las muestras 1, 2 y 3 como se evidencia en el grafico 14.

Gráfico 14. Resultados de Sulfatos en el agua

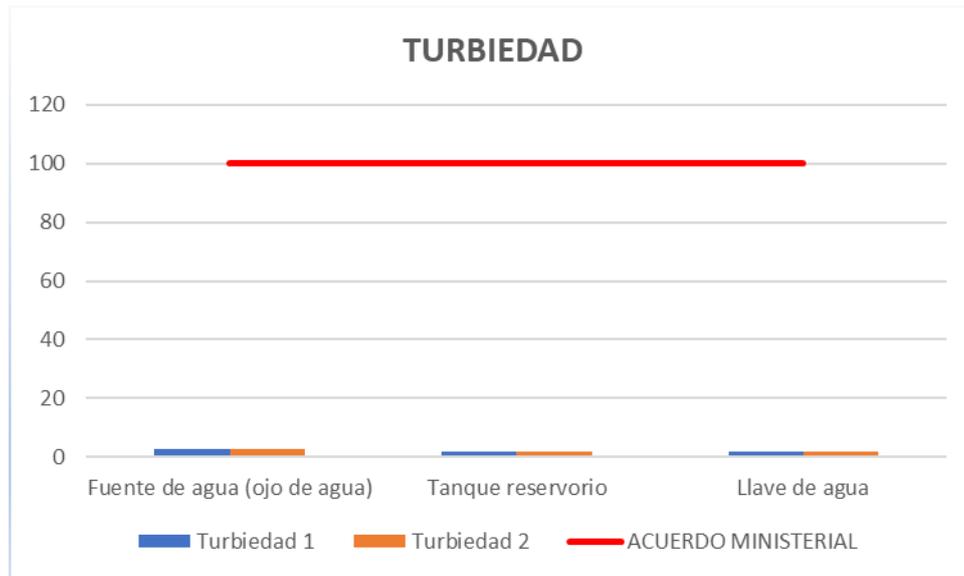


4.1.14. Turbiedad

Los valores encontrados durante el análisis del agua son de 2.5 para la fuente de agua como lo mencionamos, de 2 NTU para el tanque reservorio y llave de agua durante las dos épocas que realizamos el muestreo, como se aprecia en el gráfico estando dentro del rango establecido, la turbiedad es la transparencia que va perdiendo ella gua por algún liquido o sustancias que estén presentes en ella en suspensión.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

Figura 15. Resultados de turbiedad

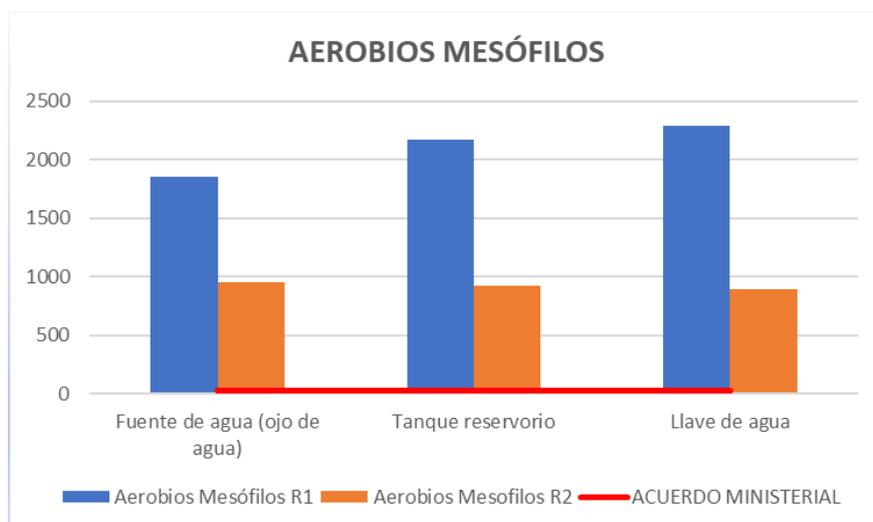


4.2. Resultados Microbiológicos

4.2.1. Áerobios Mesófilo

Son organismos heterótrofos que se usan para determinar la calidad de un cuerpo de agua, siendo aerobios y anaerobios capaces de crecer en cualquier medio, encontramos para las muestras 1 de un valor de 1857 ufc/100 ml, muestra 2 de un total de 2175 ufc/100ml y la muestra 3 para el consumidor final 2292 ufc/100ml de agua, superando los rangos tolerables de 10-30 ufc/100ml. Las muestras también se lo realizo en etapa de verano la misma que dio como resultados 957, 925 y 894 ufc/100ml de agua para la muestra 1,2 y 3.

Figura 16. Representación de los resultados de Áerobio mesófilos

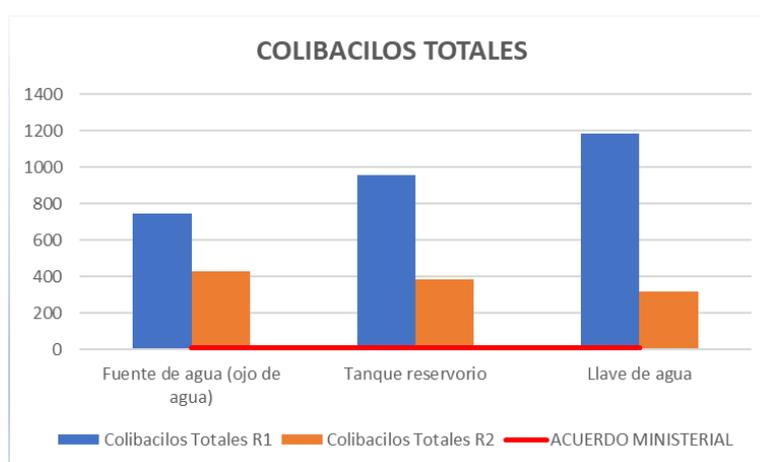


DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

4.2.2. Colibacilos Totales

Los resultados obtenidos en laboratorio sobre los análisis microbiológicos encontramos para las tres muestras los siguientes resultados a lo que se refiere Colibacilos Totales: 743, 953 y 1184 ufc/100 ml encontrando fuera de los rangos permisibles de 2-10 ucf/100 ml dentro de las primeras muestras, las muestras en época de verano encontramos una reducción de Colibacilos Totales para la muestra 1 un total de 428 ufc/100ml, 383 para la muestra 2 y muestra 3 un valor de 317 ufc/100ml.

Figura 17. Resultados de Colibacilos Totales



4.3. Determinación de la Calidad de Agua (ICA)

En la tabla 4 se observa los resultados de cálculo ICA_NSF realizado a partir de la ecuación que se asigna la ponderación a cada parámetro evaluado donde se calculó el valor Q correspondiente al factor de escala y magnitud del parámetro, y el subíndice que representa el valor que conforma el índice. No se muestra que los valores ICA-NSF sean similares en cada punto de muestreo varían dependiendo a cada parámetro, evidenciando un rango de valores.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

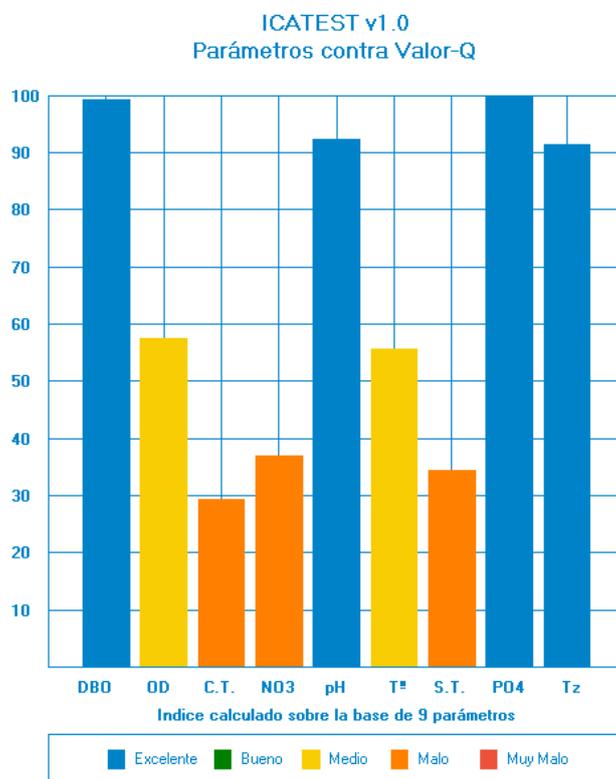
Tabla 4. Resultados obtenidos en el ICA-NSF

PARAMETR OS	Factor de ponderac ión	MUEST RA 1	Val or Q	Subínd ice	MUEST RA 2	Val or Q	Subínd ice	MUEST RA 3	Val or Q	Subínd ice
DBO	0,11	0,2	99,2	10,91	0,2	99,2	10,91	0,2	99,2	10,91
Oxígeno disuelto	0,17	60,2	57,5 6	9,79	58,7	55,5 2	9,44	7,2	57,5 6	9,79
Coliformes fecales	0,16	362,0	29,3 8	4,7	379,0	31	4,96	325,0	33	5,28
Nitratos	0,1	20,0	37	3,7	20,0	37	3,7	20,0	37	3,7
pH	0,11	7,5	92,3 5	10,16	7,2	92,1 5	10,14	7,3	92,5	10,18
Temperatura	0,1	8,0	55,6 7	5,57	8,0	55,6 7	5,57	9,0	49,8 9	4,99
Sólidos totales	0,07	481,0	34,4 2	2,41	488,0	33,1 6	2,32	518,0	20	1,4
Fosfatos totales	0,1	0,0	100	10	0,0	100	10	0,0	100	10
Turbidez	0,08	2,5	91,5	7,32	2,0	93	7,44	2,0	93	7,44
Valor ICA				64,6			64,5			63,7

En el gráfico 3 en los parámetros contra Valor Q donde el valor establecido de 0 – 100 determinando de acuerdo al color establecido en la leyenda. Representa los valores de DBO, pH, PO₄, T representan un valor de excelente en el agua, a diferencia del OD, T dentro de un rango medio, y un rango malo de Coliformes totales, NO₃ y ST. El valor de ICA permite clasificar de acuerdo al rango establecidos y evaluados, del valor de 64.6 está dentro del rango 51-70 dando como una clasificación media.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

Figura 18. Parámetros contra valor Q



4.4.Cálculo de error del balance Iónico

Debido a que los iones del agua se encuentran disueltos tienden a estar en estado de equilibrio por ello podemos evaluar el grado de error de un análisis químico, se deberá tomar en cuenta la siguiente ecuación:

Tabla 5. Suma de Aniones y Cationes (meq/l)

ANIONES	AGUA DE NACIMIENTO	TANQUE RESERVORIO	LLAVE DE AGUA	CATIONES	AGUA DE NACIMIENTO	TANQUE RESERVORIO	LLAVE DE AGUA
HCO ₃ ⁻	1,22	1,34	1,28	Na ⁺	1,71	1,63	1,62
SO ₄ ⁼	0,38	0,44	0,41	K ⁺	0,63	0,63	0,64

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

Cl-	1,00	1,11	1,30	Ca++	2,36	2,32	2,30
NO3-	0,16	0,16	0,16	Mg++	0,02	0,02	0,02
Suma	1,16	1,27	1,45	Suma	4,72	4,60	4,57

$$Error (\%) = 100 * \frac{\text{suma cationes} - \text{suma aniones}}{\text{suma cationes} + \text{suma aniones}}$$

$$Muestra 1 Error (\%) = 100 * \frac{4,72 - 1,16}{4,72 + 1,16}$$

$$Muestra 1 Error (\%) = 26.31\%$$

$$Muestra 2 Error (\%) = 20.31\%$$

$$Muestra 3 Error (\%) = 18.49\%$$

Al presentar un porcentaje de error del 26.31% de la muestra 1, 20.31% de la muestra 2 y 18.49 % de la muestra 3, teniendo en cuenta que depende de la conductividad eléctrica para determinar el error admisible identificamos que el análisis realizado dentro del laboratorio y de campo presenta un error admisible menor al 30%.

Tabla 6. Relaciones Iónicas

Ionic Relationship		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
	rMg/rCa	0,01	0,01	0,28
	rNa/rK	2,70	2,59	2,51
	rSO4/rCl	0,38	0,39	139,48
	rCl/rHCO3	0,82	0,83	1,01
	icb	-1,35	-1,03	0,00
	Kr	1,52	1,61	1,55

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

4.5. Relación Mg/Ca

Las concentraciones de magnesio y calcio se determinan de acuerdo a la dureza total que presenta en la muestra, en nuestro caso presenta en su totalidad de muestras un valor para la muestra 1 llamado como Fuente de Agua o yacimiento un valor de 0.01, la muestra 2 Tanque Reservorio un valor de 0.01 y 0.28 para la muestra 3 Llave de Agua no presentando una dureza total superior a los límites máximos permisibles y encontrándose a valores menores a 0.3 y 1.5 caracterizando como agua continental.

4.6. Relación K/Na

La relación existente entre sodio y potasio representa un valor de 2.70 para la muestra 1, 2.59 muestra 2 y la muestra 3 de un valor de 2.51 mismos que presentan valores superiores para aguas dulces que deberían variar de 0.001 y 1, para aguas marinas entre 0.02 y 0.025 encontramos que existe una menor fijación de potasio en el terreno y agua en el origen mientras que existe un valor mayor de potasio que permite una posible salinización con el tiempo.

4.7. Relación SO₄/Cl⁻

Los valores presentes en el cálculo de relación entre sulfatos y cloruros presentan valores 0.38, 0.39 y 0.28 correspondiente para las muestras 1, 2 y 3 respectivamente, encontrando dentro de los valores de relación iónica para aguas continentales, estas pueden presentar una reducción en sulfatos para aguas salinas y posiblemente existiendo una contaminación agrícola ya sea arrastrada por la lluvia o infiltración de la misma.

4.8. Relación Cl⁻/HCO₃

La relación entre cloruros y bicarbonatos presentan un valor de 0.82, 0.83 y 1.01 para las muestras en su respectivo orden mencionada anteriormente, evidenciamos que se encuentra dentro del rango propio de las aguas continentales, que al disolverse los bicarbonatos posiblemente presentes un mayor aporte de sales que pueden provocar un peligro a alcalinidad para el agua de consumo.

4.9. Relación (icb) Cl⁻ – (Na + K) / Cl⁻

El resultado de la relación para la muestra -1.35, -1.03 y -0.75 para la muestra número 1, 2 y 3 respectivamente en la mayoría de veces presenta valores negativos que permite relacionar con

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

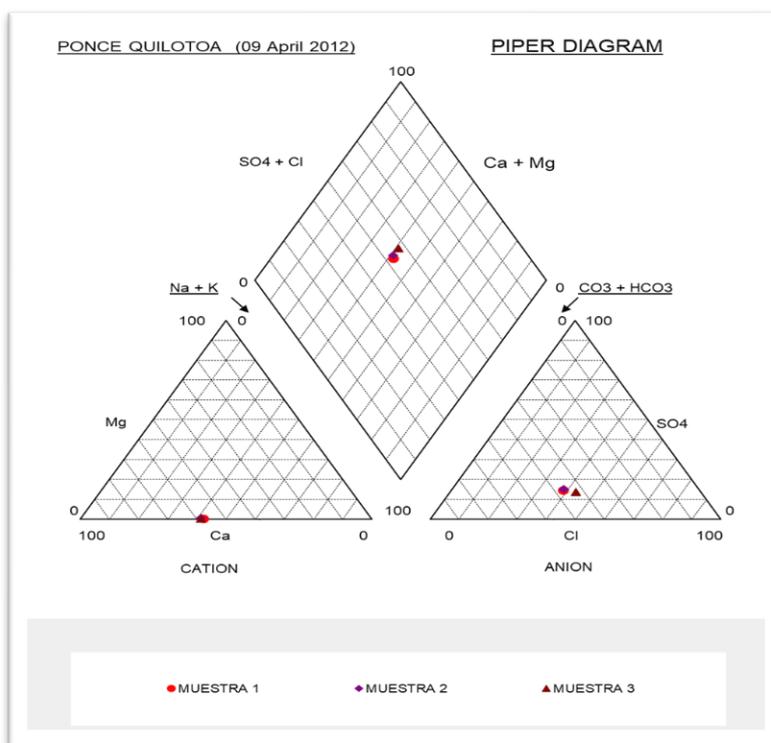
agua de terrenos formados con rocas plutónicas o volcánicas esto podría ser claramente evidente por la presencia cercana de una fuente hídrica del Rio Toachi y la Laguna de Quilotoa considera de origen volcánico, si existirá un aumento de icb posiblemente presentaría un endurecimiento en el agua y una disminución de cambio en el ablandamiento si el icb crece posiblemente el agua tienda a producir una salinidad mayor.

4.10. Relación kr

El valor obtenido de la relación kr es 1.52 para la muestra 1, 1.61 muestra 2 y 1.55 para la muestra tres, esto permite una proporcionalidad al contenido de CO₂ disuelto en equilibrio la ausencia de sulfatos tiende a ser valores contantes por tanto representa un valor alto para aguas continentales ya que supera el valor establecido entre 0.001 y 1 evidenciamos que existe un valor de reducción de sulfatos para ello crece el valor kr.

4.11. Diagrama de PIPER

Figura 18. Diagrama de Piper



El diagrama de PIPER nos permitió identificar la información química del agua donde visualizamos la representación Na el 36.27%, K 13.43%, Ca 49.87 y Mg de 0.44% dando como resultado de un 68% de un agua cálcica para el porcentaje catiónico. El valor de aniones

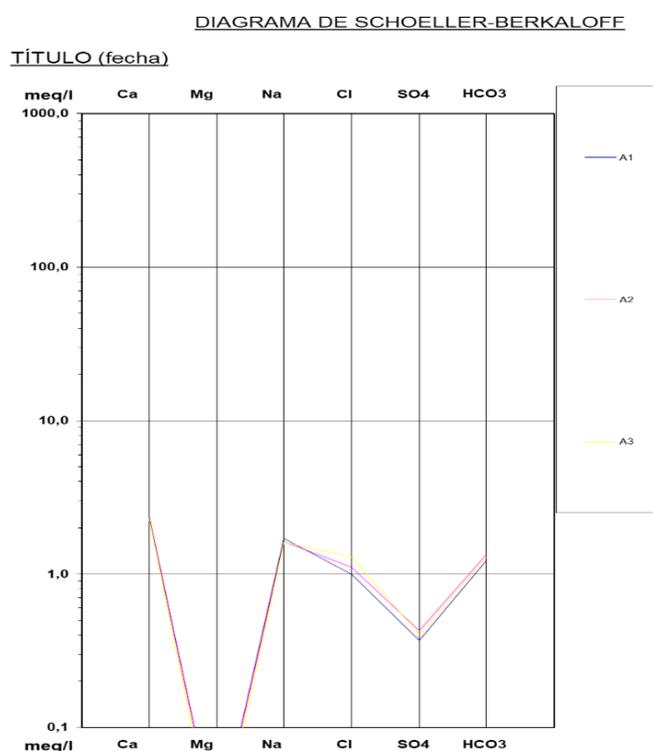
DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA, PROVINCIA DE COTOPAXI

encontrados de acuerdo al cálculo realizado se expresa de la siguiente manera de Cl^- de 36.40%, SO_4 13.43%, NO_3 5.78% y HCO_3 de 44.39%.

Dentro de las 3 muestras tomadas e identificadas dentro del Diagrama de PIPER encontramos que para la muestra 1 afluyente de manera subterránea de un 68% encontramos un agua bicarbonatada cálcica. En la muestra 2 encontramos un tipo de agua bicarbonatada cálcica. Muestra 3 que representa el consumo final llamada Llave de agua, representa un tipo de agua Bicarbonada Calcica de tipo mixta.

4.12. Diagrama de SCHOELLER

Figura 19. Diagrama de Schoeller



Se evidencia un patrón de alto grado de incidencia que predomina el Calcio y los Bicarbonatos dando como aguas Bicarbonatas Clorurada Calcicas, estas aguas dan como referencia que en la fuente de origen se considera poco evolucionadas mientras que en los tanques reservorios se observa una clorurada durante un largo tiempo.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

Tabla 7. Resultados obtenidos comparados con la normativa.

Parámetro	Unidad	Fuente de agua (ojo de agua)		Tanque reservorio		Llave de agua		Acuerdo Ministerial 061	Método	
		1	2	1	2	1	2			
Aceites y Grasas	mg/l	0	0	0	0	0	0	0.3	S.M. 5520 D	C
Conductividad Electrica	uS/cm	89.5		93.7		92.7		1000	S.M. 2520B	C
Arsénico	mg/l	0.05	0.025	0.04	0.025	0.2	0.025	0.1	S.M. 3111A	N
Coliformes Fecales	NMP/100ml	362	428	379	383	325	317	1000	Colilert	C
Cadmio	mg/l	0	0	0	0	0	0	0.02	APHA-4500Mod	C
Cianuro	mg/l	0	0	0	0	0	0	0.1	APHA-4500 Mod	C
Cobre	mg/l	0.3	0.8	0.25	0.5	0.3	0.5	2	S.M. 3500 -B	C
Color	Unidades de platino - cobalto	5	5	5	5	5	5	75	S.M. 2120 B	C

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

Cromo hexavalente	mg/l	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.05	S.M. 3111 A	N
Fluoruro	mg/l	0.4	0.3	0.4	0.1	0.3	0.1	1.5	S.M. 4500 F	C
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	0.2	0.96	0.2	0.90	0.2	0.85	<4	S.M. 5210 B	C
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/l	0.3	0.61	0.3	0.56	0.3	0.53	<2	S.M. 5210 B	C
Hierro total	mg/l	0.5	0	0	0.8	0.9	0	1.0	MAM- 18/APHA 3111B	C
Mercurio	mg/l	0	0	0	0	0	0	0.006	S.M. 3111 A	C
Nitratos	mg/l	20	25	20	10	20	10	50	S.M. 4500- NO2-B	C
Nitritos	mg/l	0	5	0	5	0	5	0.2	S.M. 4500- NO3-B	C
Potencial de Hidrogeno	Unidades de pH	7.43	6.8	7.57	6.9	7.26	7.1	6-9	S.M. 4500- H+B	C
Plomo	mg/l	0	0	0	0	0	0	0.01	S.M. 3111 A	C

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBABUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

Selenio	mg/l	0	0	0	0	0	0	0.01	S.M. 3111 A	C
Sulfatos	mg/l	28.4	18.5	29.2	18	24.7	17.3	500	S.M. 4500- SO4=E	C
Sulfuros	mg/l	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	1.0	APHA 4500 Mod	C
Turbiedad	UNT	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	100	S.M. 2130 B	C
ANALISIS MICROBIOLOGICO DE AGUA										
Áerobios Mesófilos	ufc/100 ml	1857	957	2175	925	2292	894	10-30	Colilert	N
Colibacilos Totales	ufc/100 ml	743	428	956	383	1184	317	2-10	Colilert	N

Resumen de resultados: El agua de tipo básica se encuentra con colores bajos y turbiedad variando desde 2.0 a 2.5 UNT por debajo de sus límites permisibles que es 100 UNT, misma que tiene una notación de bicarbonatada alcalina de 315.6, 212.4 y 217.2 mg/l correspondiente a la muestra 1, 2 y 3 respectivamente dando con un peligro de salinización media y bajo en sodicidad. La muestra 3 presentó un valor de 0.2 de arsénico duplicando el límite máximo permisible. También se encontró en las tres muestras cromo hexavalente con una cantidad de 0.1 mg/l superando lo permisible de 0.05 mg/l, correspondiente a las muestras realizadas en la época invernal.

Para el análisis posterior al primero que se realizó encontramos todos los valores alterados en el primer análisis se encuentran dentro de los rangos permisibles por tanto cumplen con la normativa vigente de acuerdo a los análisis físico-químicos del agua siendo óptimo para consumo humano, hay que tener en cuenta que de acuerdo a los análisis realizados puede

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

presentar con el paso del tiempo una alcalinidad por tanto debemos tener cuidado con una posible salinidad de la misma.

La misma que se realizó un análisis comparativo con unas nuevas muestras en la temporada de verano la que dio como resultado una disminución exponencial y significativa para los valores representados en la temporada invernal. Para los bicarbonatos encontramos una reducción 156, 150 y 144 mg/l correspondiente para las muestras en su orden. Representando una reducción a causar salinización en el agua. A comparación con la muestra del arsénico y cromo hexavalente que en el primer análisis estando alterados y fuera de los rangos permisibles, evidenciamos que en las muestras nuevas realizadas están dentro del rango permisible y cumplen con la normativa vigente.

Los resultados microbiológicos se obtienen que el contenido de Aerobios Mesófilos y Colibacilos Totales supera los límites máximos tolerables con una cantidad de Aerobios Mesófilos la muestra 1 presenta un valor de 1857 ufc/100 ml, muestra 2 de 2175 ufc/100 ml y la muestra 3 con un valor de 2292 siendo su rango 30 ufc/100, los Colibacilos Totales con una cantidad de 743, 956 y 1184 ufc/100 ml para la muestra 1,2 y 3 respectivamente, fuera de su rango tolerable de 10 ufc/100 ml.

De igual forma con los resultados microbiológicos encontramos una reducción en sus nuevos resultados como es para la muestra 1 un valor de 957 ufc/100 ml, muestra 2 un total de 925 y la muestra 3 un valor de 894 ufc/ 100 ml encontrando una reducción de un valor representativo para los Aerobios Mesofilos. De la misma manera para los Colibacilos Totales con una cantidad de 428, 383 y 317 ufc/ 100ml de igual manera se encuentra fuera del rango tolerable de 10 ufc/100 ml.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI
DISCUSIÓN**

Luego de los resultados obtenidos por medio de un análisis hidroquímico y físico-químico realizado en laboratorio identificamos que las propiedades se mantienen dentro de los rangos permisibles, dentro de los criterios para agua para consumo humano, encontramos una alteración dentro de la muestra 3 considerada como llave de agua el que su valor permisible de arsénico establece de 0.1 mg/l superando el límite permisible de 0.2 mg/l, de esta misma manera dentro del análisis físico-químico se encuentra que el cromo hexavalente con un valor de 0.1 mg/l superando el límite establecido de 0.05 mg/l de acuerdo a la tabla del acuerdo ministerial 061.

Posterior a la alteración encontrada dentro de los primeros análisis se a realizado nuevamente un análisis respectivo en la que encontramos que los valores que estuvieron alterados se encuentran dentro del rango permisible durante la época seca o verano.

Respecto a los resultados microbiológicos , el contenido de Aerobios Mesófilos y Colibacilos Totales superan los límites máximos tolerables con una cantidad de Aerobios Mesófilos de 2175 ufc/100 ml siendo su rango 30 ufc/100, esta bacteria puede crecer normalmente a temperaturas favorables esto significa que la multiplicación de estos organismos depende o provienen de origen animal o humano cercano, los Colibacilos Totales con una cantidad de 956 ufc/100 ml con su rango tolerable de 10 ufc/100, estos resultados comprobarían que muchas de las enfermedades presentes en la población referente a problemas estomacales pueden ser causantes directamente del consumo directo del agua sin algún previo tratamiento o desinfección.

Una vez determinado los resultados en los segundos muestreos encontramos que los valores microbiológicos existen una disminución de los mismo significativamente casi a la mitad de los resultados obtenidos en el primer análisis.

En el análisis hidroquímico presenta resultados en su relación de componentes de cationes y aniones, el agua subterránea se convierte en una fuente fundamental para el abastecimiento de agua, debido al incremento poblacional causa una demanda hídrica mayor a la que puede producir de forma natural una fuente hídrica, a nivel mundial un tercio de la extracciones de agua dulce corresponde a aguas subterráneas ya sea destinada para agricultura, doméstico e industrias, lo que provoca que exista preocupación produciendo una contaminación en los acuíferos.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

El análisis permitió determinar la calidad de agua subterránea que es destinada para consumo humano, enfrentando que existe una presencia de bicarbonatos que pueden producir con el transcurso del tiempo un peligro de alcalinidad, encontramos que son ricas en cloruros, calcio y sodio con concentraciones de aguas Bicarbonatas Calcicas, como se puede evidenciar en el diagrama de PIPER presente en la figura 18. Las concentraciones metálicas de importancia ambiental se encuentran por debajo de los valores permitidos por la normativa vigente en el Acuerdo Ministerial 061, a excepción del arsénico y cromo hexavalente que superan los límites máximos permisibles.

El agua proveniente de fuente subterránea es importante para uso potable, los resultados obtenidos en el análisis hidroquímico, los valores de referencia como Ca, Mg, CO₃, muestra que los iones predominantes son el Ca y Na en los que representa una dureza semejante máxima de 488 casi asemejándose a los límites permisibles de acuerdo al porcentaje y análisis del diagrama de PIPER son predominantes en los cationes y aniones son el Cl⁻ y Bicarbonatos. En estudios realizados en el río Mira por (Alvarado Calderon & Altamirano Mateus, 2013) se ha comprobado que al igual que en el agua analizada la presencia o tendencia aniónica correspondiente a una agua Bicarbonatada, encontrando características mixtas de Na, Ca y Mg, como podemos observar en el Diagrama de PIPER.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI
CONCLUSIONES**

El estudio realizado nos permite evaluar los índices de calidad del agua las tres muestras realizadas, comprobamos que los límites máximos permisibles establecidos en la mayoría de parámetros se encuentra dentro del rango permisible esta se debe dar un mayor control que se debe dar al arsénico que es uno de los problemas de la salud publica en la Parroquia de Zumbahua, si es consumida directamente por la población sin previo tratamiento al momento de preparar alimentos.

En los índices de calidad del agua (ICA) de acuerdo a la aplicación de las ICA-NSF, encontramos dentro del rango 51-70 con una clasificación media para las muestras realizadas, esta también se ha realizado un estudio en la ciudad de Baños y en microcuenca del rio Alcacay del Cantón Sigsig que presentan una igual clasificación de acuerdo ICA-NSF, el valor del índice es de 65.56, valor calculado del total del índice de la distribución de los 9 parámetros, con la determinación realizada más los resultados del laboratorio comprobamos que el agua necesariamente necesita un previo tratamiento antes de ser usado, ya que existe una leve contaminación de la mismas por diferentes actividades que pueden ocurrir. En cambio, para uso agrícola es buena y se recomendaría usar en todo tipo de agricultura.

La calidad del agua el pH promedio de las fuentes hídricas destinadas para consumo humano están dentro de los límites permisibles, los rangos de TDS observados entre 481 y 488 con una conductividad eléctrica de 89.5 a 93.7 uS/cm indica que la calidad de agua se encuentra en condiciones moderada, a partir del campo triangular catiónicos y aniónicos dentro del diagrama de PIPER se observa que el 100% del agua en tipo dominante para agua Bicarbonatas Cállicas como se puede evidenciar en el diagrama de PIPPER presente en la figura 3. El 50% de las muestras representan un valor predominante de agua bicarbonada y cloruros y el 42% cálicas en el tercer triangular representa un agua mixta, las concentraciones físico-químicas fueron comparadas por la normativa vigente del Acuerdo Ministerial 061, el porcentaje de calcio y sodio que con el transcurso del tiempo no será apto para consumo humano.

Con los resultados obtenidos en laboratorio encontramos que la fuente de agua de origen subterráneo misma que tiene una notación de bicarbonatada alcalina de 315.6, 212.4 y 217.2 mg/l correspondiente a la muestra 1, 2 y 3 respectivamente dando con un peligro de salinización media y bajo en sodicidad, esto presenta con el transcurso del tiempo un aumento de salinidad. Ponemos mantener una relación con el Índice de Calidad del agua realizada en su extracción y

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

esto representa un alto riesgo en las fuentes de abastecimiento o tanques reservorios para consumo humano, pero teniendo en cuenta que al momento presenta una calidad media para las fuentes de agua de la comunidad Ponce Quilotoa.

En los primeros resultados encontramos que los análisis físico-químicos como es el Arsénico y Cromo hexavalente se encontraban en ciertos puntos una alteración y fuera de los límites máximos permisibles, se procedió nuevamente a realizar un análisis en época seca y se comprobó que no existe una alteración con la presencia de arsénico y una ausencia de cromo hexavalente la misma que puede ser causante de un mal manejo de la muestra dentro de la toma o de laboratorio.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos encontramos en las muestras realizadas en la época invernal una alteración demasiada alta con resultados de Aerobios Mesofilos de 1857 a 2292 ufc/100 ml estas se han reducido considerablemente en la etapa seca o verano 894 a 957 ufc/100 ml, encontrándose fuera de los rangos tolerables de 10 ufc/100 ml de agua. De la misma manera se encuentra Colibacilos Totales que se encontraron valores de 743 ufc/100 ml en la época invernal, durante el análisis realizado en época seca encontrando valores desde 317 a 428 ufc/100 ml, superando el rango tolerable de 30 ufc/100 ml. Al evidenciar que existe un alto grado de contaminación microbiológico podemos dar una solución rentable y económica con filtros de agua de cerámica negra que ayuda a purificar el agua eliminando y reducir el virus del agua, así reduciendo y mejorar la salud publica en la población.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANÁLISIS
HIDROQUÍMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI
REFERENCIAS**

- Company, H. (2000). Marcas Registradas de Hach. 970, 1997–2000.
- Esteve Domingo, N., Pont Castillo, J., & Boluda Botella, N. (n.d.). Problema 1. Estimación de la fiabilidad de un análisis de agua. 9.
- Eulma, D. El. (2012). Análisis hidroquímico y evaluación de la calidad de las aguas subterráneas en. 127–133.
- GAD Zumbahua. (2015). Plan de ordenamiento territorial de la Parroquia de Zumbahua. GAD. Parroquial de Zumbahua, 2–142. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560018240001_Zumbahua_Final_30-10-2015_12-01-52.pdf
- Madsen, L. B., Lévêque, C., Omiste, J. J., & Miyagi, H. (2018). CHAPTER 11: Time-dependent Restricted-active-space Self-consistent-field Theory for Electron Dynamics on the Attosecond Timescale. RSC Theoretical and Computational Chemistry Series, 2018-Janua(13), 386–423. <https://doi.org/10.1039/9781788012669-00386>
- Mariño, E. E., & García, R. F. (2018). Aplicaciones ambientales de la hidrogeoquímica. Secretaría de Infraestructura y Políyica Hídrica Consejo Hídrico Federal, 67. <https://www.cohife.org/advf/documentos/2019/09/5d6eebe415ac8.pdf>
- Monforte García, G., & Cantú Martínez, P. (2009). Escenario del agua en México. CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica, 30, 31–40.
- Piedrahita, J. E. (2018). ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) E ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA (ICOS) EN QUEBRADA VILLA UBICADA EN EL BAGRE, ANTIOQUIA. Autor: Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699.
- Pranata dkk. (2013). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title.
- Ramos Vizcarra, B. A. (2018). Caracterización hidroquímica y calidad del agua subterránea de la región sudoccidental de la región Arequipa, entre los meses de enero a diciembre. 62. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10844>

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN ANALISIS
HIDROQUIMICO EN LA COMUNIDAD PONCE QUILOTOA, PARROQUIA ZUMBAHUA,
PROVINCIA DE COTOPAXI**

Robert, H. (1997). La Importancia Hídrica del Páramo y Aspectos de su Manejo. Conferencia Electrónica “Estrategias Para La Conservación y Desarrollo Sostenible de Páramos y Punas En La Ecorregión Andina: Experiencias y Perspectivas,” 1–5.

Sánchez-gonzález, D. (2014). Análisis hidroquímico con fines de subterráneas de la provincia de granma. Figura 1, 1–9.

UNESCO. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. In Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/>

Verma, A., Yadav, B. K., & Singh, N. B. (2020). Hydrochemical monitoring of groundwater quality for drinking and irrigation use in Rapti Basin. *SN Applied Sciences*, 2(3). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2267-5>