

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, LEON

UNAN-LEON

AREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

AREA ESPECÍFICA DE QUIMICA



Monografía para optar por el título de Licenciado en Química

**Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial
en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa**

Autores:

- Br. Brithany Jael Martínez Ramos
- Br. Álvaro José Palma Guevara
- Br. Bryan Fernando Valle Rodríguez

Tutora:

- MSc. María Auxiliadora Ramírez Caballero

León, noviembre del 2025

2025: 46/19 ¡Siempre más allá! ¡Avanzamos en la Revolución!

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, LEON

UNAN-LEON

AREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

AREA ESPECÍFICA DE QUIMICA



Monografía para optar por el título de Licenciado en Química

**Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial
en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa**

Autores:

Br. Brithany Jael Martínez Ramos

Br. Álvaro José Palma Guevara

Br. Bryan Fernando Valle Rodríguez

Tutora:

MSc. María Auxiliadora Ramírez Caballero

León, noviembre del 2025

2025: 46/19 ¡Siempre más allá! ¡Avanzamos en la Revolución!

Agradecimiento

A Dios, por la fuerza espiritual para superar los retos a lo largo de estos años y lograr culminar el ciclo universitario a nuestra madre del cielo la Virgen María en el misterio de su Inmaculada Concepción por interceder y acompañarnos en los momentos difíciles de nuestra vida como universitarios.

Agradecemos a nuestra tutora, Msc. María Auxiliadora Ramírez, al acompañarnos durante la elaboración de este proyecto, compartiendo su conocimiento, tiempo, dedicación y quien depositó en nosotros su confianza, estima y amistad.

A Msc. Ana Francis Poveda y al Ing. Douglas Ordoñez quienes durante el periodo que realizamos nuestras prácticas profesionales nos apoyaron incondicionalmente con sus conocimientos y experiencia.

A nuestra Alma Mater UNAN-León por brindarnos por medio de los docentes el conocimiento, la ética y profesionalismo necesario en el campo de la química.

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía constante, por darme fortaleza en los momentos difíciles y por bendecirme en cada paso que hoy me acerca a este logro.

A mi madre, mi mayor ejemplo de amor y valentía, gracias por tu apoyo incansable, por tus sacrificios silenciosos y por ser la persona que más ha creído en mí. Gracias por nunca rendirte y por demostrarme que los sueños se construyen con esfuerzo. Hoy, este título lleva escrito mi nombre, pero está construido con tu sacrificio y tus sueños por mí. Fuiste fuerte y me enseñaste a serlo también.

A mi padre, por su apoyo, por sus palabras que siempre me animaron a salir a delante, y por su cariño y esfuerzo.

A mi abuela, por su papel crucial en mi crecimiento, por su amor, sus oraciones que me han cuidado toda la vida y por llenar mi vida de sabiduría. Este logro también es tuyo.

A mis hermanos, por ser motivo de alegría y compañía en cada etapa de mi vida.

A mí amada Andrea por tus enseñanzas, por tu amor inmenso y por siempre creer en mí.

A Bryan, por su amor, paciencia y confianza plena. Gracias por ser mi motivación, mi compañero de estudio. Este logro nos pertenece porque lo construimos juntos.

Finalmente, este logro pertenece a todos los que, con amor, se convirtieron en parte de mi vida.

Br. Brithany Jael Martínez Ramos

Dedicatoria

A Dios Omnipotente por brindarme salud y conocimiento, a mi madre del cielo la Purísima Virgen María por acompañarme todos los años de mi vida universitaria, a mi muy amado San Roque por interceder ante Dios en los momentos que lo invoque durante mis estudios.

A mis padres, especialmente dedico este logro a mi madre Irella Guevara Trejos por confiar en mí, a pesar de los errores que cometí durante mi vida, por estar siempre pendiente de mí y por su especial forma de manifestar su amor. Gracias a ella he logrado llegar hasta aquí y convertirme en profesional, por conducirme por el camino del bien y hacer de mí una persona de valores y principios.

A mis hermanos: Allan, Mikel y Dominique por darme siempre su cariño sincero

A mis amigos: Lic. Rosa Guillen, Dra. María Milagros Rivera, Javier Ernesto Villegas, Lic. Brenda Carrero, Lic. Zobeida Navarro y Pbro. Efraín Tijerino por estar siempre pendiente de mi bienestar, por sus oraciones y consejos, viviré eternamente agradecido.

En memoria de *Dorys Guevara Trejos*, tu recuerdo vive en cada uno de mis logros.
Descansa en paz, tía.

Br. Álvaro José Palma Guevara

Dedicatoria

Primeramente, a Dios, por ser el pilar más importante en mi vida, por acompañarme y cuidarme en todo momento.

A mi padre, por ser mi mayor ejemplo a seguir, apoyarme en cada uno de mis proyectos, porque a pesar de las adversidades que se pudieran presentar siempre me demuestra su apoyo.

A mi madre, por guiarme por el buen camino, por cuidarme con sus oraciones, por amarme tanto y siempre confiar en mí.

A Reina y Enmanuel, porque, aunque al inicio fue difícil estuvieron conmigo, me ayudaron y motivaron a poder continuar con mis estudios.

A Ana Jahaira, por acompañarme en mis dificultades, nunca soltarme y demostrarme que a pesar de todo siempre tengo su apoyo.

A Jairo, por todos los momentos vividos, su apoyo incondicional y a mis sobrinos, por su amor.

A mi novia, por todos los momentos de alegría y tristeza compartidos, porque a pesar de las diferencias, las dificultades vividas durante este proceso hemos salido adelante juntos.

Br. Bryan Fernando Valle Rodríguez

Resumen

En el presente trabajo analizamos muestras en tres cuerpos de agua, dos subterráneos (pozos artesanales) y uno superficial (quebrada) pertenecientes a la comunidad Apompua del departamento de Matagalpa-Nicaragua. Los resultados obtenidos fueron comparados con la Normas CAPRE, norma técnica establecida por el Comité Técnico Regional de la Calidad del Agua, la cual establece parámetros fisicoquímicos que el agua debe de cumplir para consumo humano. Los parámetros que se analizan en este trabajo son: temperatura, pH, conductividad eléctrica, color, turbidez, dureza total, calcio, alcalinidad, cloruros, nitritos, nitratos, sulfato, hierro, flúor, magnesio, sodio y potasio. Teniendo como resultado que en los pozos 1 y 2, y la quebrada presentan valores de temperatura y pH dentro de lo establecido por la norma CAPRE. En el parámetro de conductividad eléctrica los pozos se encuentran fuera de rango, mientras que la quebrada cumple con los valores recomendados, para el color el pozo número 2 y quebrada se encuentran fuera de rango, para turbidez solo la quebrada excede el valor admisible no obstante en dureza total es el único cuerpo de agua que cumple con la concentración aceptable, por otro lado la quebrada es la única que esta por debajo del valor admisible así mismo la quebrada presenta concentraciones de cloruros inferiores a las establecidas al rango 25mg/L , para el análisis de magnesio el pozo 1 y la quebrada presenta concentraciones por debajo de los valores admisibles.

Palabras claves: Calidad, parámetros, evaluación, norma, agua.

Índice

1.	Introducción	1
2.	Objetivos	3
	2.1 Objetivo General	3
	2.2 Objetivos específicos	3
3	Marco Teórico	4
	3.1 Generalidades	4
	3.1.1 Agua	4
	3.1.2 Agua salada	4
	3.1.3 Agua dulce	4
	3.1.4 Agua dura	4
	3.1.5 Aguas superficiales	5
	3.1.6 Aguas subterráneas	5
	3.1.7 Características físicas y químicas	5
	3.1.8 Importancia del agua para los humanos.	6
	3.2 Métodos de análisis	6
	3.2.1 Métodos volumétricos	6
	3.2.2 Espectroscopia de Absorción Atómica	7
	3.2.3 Fotometría de emisión de llama	7
	3.3 Parámetros físicos químicos	8
	3.3.1 Calidad fisicoquímica del agua	8
	3.3.2 Temperatura	9
	3.3.3 pH	9
	3.3.4 Conductividad eléctrica	9
	3.3.5 Color:	9
	3.3.6 Turbidez:	9
	3.3.7 Dureza total	9
	3.3.8 Calcio	10
	3.3.9 Alcalinidad total	10
	3.3.10 Cloruro	10

3.3.11 Nitritos:	10
3.3.12 Nitratos:	10
3.3.13 Sulfatos:	11
3.3.14 Hierro total	11
3.3.15 Flúor:	11
3.3.16 Magnesio	11
3.3.16 Sodio	11
3.3.17 Potasio	12
3.4 Leyes en Nicaragua de la calidad del agua	12
3.5 Caracterización de la comunidad en estudio	14
3.5.1 Comunidad Apompua	14
4. Diseño metodológico	15
4.1 Tipo de estudio	15
4.2 Área de estudio	15
4.3 Población	15
4.4 Tipo de muestreo	15
4.5 Muestra	15
4.6 Instrumentos	16
4.7 Materiales	16
4.8 Reactivos	16
4.9 Procedimiento de recolección de la muestra	18
4.10 Procedimiento de análisis fisicoquímicos	19
4.10.1. Medición de temperatura	19
4.10.2. Determinación de pH y conductividad eléctrica	19
4.10.3. Determinación de color	21
4.10.4. Determinación de turbidez	21
4.10.5. Dureza total	22
4.10.6. Calcio	23
4.10.7. Alcalinidad total	24
4.10.8. Cloruros	25
4.10.9. Determinación de Nitritos	27

4.10.10. Determinación de Nitratos	28
4.10.11. Determinación de sulfatos	29
4.10.12. Determinación de Hierro total	30
4.10.13. Determinación de flúor	31
4.10.14. Determinación de Magnesio	32
4.10.15. Determinación de sodio	33
4.10.16. Determinación de potasio	34
5. Resultados y discusión	35
5.1 Resultados obtenidos	35
5.2 Comparación con la Norma CAPRE	36
5.3 Comparación entre las muestras	46
6. Conclusión	47
7. Recomendaciones.....	48
8. Referencias bibliográficas	49
Anexos	51

1. Introducción

Nicaragua es un país rico en recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, los cuales son componentes esenciales del Ciclo Hidrológico. Las aguas subterráneas se han aprovechado desde la antigüedad para el abastecimiento de poblaciones, tanto en el consumo humano, doméstico y riego. La contribución de los acuíferos al flujo de los ríos ha sido responsable que estos mantuvieran caudal incluso en ausencia de precipitaciones.

El agua superficial desempeña un papel crucial en la vida de muchas comunidades rurales, ya que constituyen una fuente accesible y directa para diversas labores cotidianas. La vulnerabilidad de estas fuentes hace necesario valorarlas con base a normativas que aseguren su aptitud para el uso humano.

El crecimiento poblacional ha incrementado la demanda de agua, lo que a su vez se refleja en una mayor extracción de los acuíferos. Esto ha provocado descensos importantes de los niveles freáticos, disminución del caudal de ríos y manantiales, afectación de humedales y ecosistemas, así como degradación de la calidad del agua.

Nicaragua es uno de los países que se rige por las Normas de Calidad del Agua para el uso y consumo humano, Normas CAPRE, adoptadas por el Ministerio de Salud (MINSa) y la Empresa Nacional de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL). Estas normas establecen los controles a realizarse, los parámetros, así como las concentraciones requeridas que deben presentar los resultados de los análisis para evaluar la inocuidad del agua. Su implementación no solo responde a los estándares internacionales de calidad, sino que también fortalece la durabilidad de infraestructuras ante condiciones ambientales, ya sean naturales o antropogénicas.

Apompua es una comunidad rural del departamento de Matagalpa, ubicada al sur de Sébaco, en el km 97 de la carretera a Managua. Dentro de una zona montañosa. Posee aproximadamente 850 habitantes que se dedican principalmente a la ganadería y agricultura. Al carecer de servicio de agua potable, los pobladores obtienen el vital líquido por medio de pozos artesanales y cuerpos de agua superficial, especialmente de una



Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa

Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología

Área de conocimiento específica de Química

quebrada llamada La china. El uso de estas fuentes hídricas varía desde aplicaciones domésticas, riego de cultivos y abastecimiento para las necesidades ganaderas.

En este estudio se analizó la calidad de los recursos hídricos en zonas rurales, donde los pobladores optaron por obtener agua a través de pozos artesanales o pequeños cuerpos de agua superficial cercanos, como ríos, quebradas y ojo de agua, los cuales no recibieron ningún tipo de tratamiento. Se determinaron parámetros fisicoquímicos, y los resultados obtenidos de las muestras analizadas fueron comparados con los valores establecidos en la norma CAPRE.



Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

- Evaluar calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y superficiales en la comunidad de Apompua al sur de Sébaco, en el periodo de septiembre a diciembre del 2024.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de los parámetros: pH, conductividad eléctrica, color, turbidez, dureza total, calcio, alcalinidad, cloruros, nitritos, nitratos, sulfato, hierro, flúor, magnesio, sodio y potasio en las muestras de agua.
- Verificar las concentraciones de los parámetros realizados entre las muestras evaluadas.
- Comparar los resultados obtenidos con la normativa CAPRE.

3 Marco Teórico

3.1 Generalidades

3.1.1 Agua

Es el recurso renovable pero finito que cubre aproximadamente un 70% de nuestro mundo, lo encontramos en su forma natural en los océanos, lagos, ríos, en acuíferos subterráneos y el aire, es vital para el sustento de la vida, regula los cambios del clima y con su fuerza moldea nuestro planeta. Posee características químicas únicas que hacen que este compuesto posea un gran valor a nivel científico puesto que es un excelente solvente, tiene una gran capacidad calorífica, participa como reactivo en muchos procesos metabólicos, al congelarse puede expandirse, posee una constante dieléctrica además que tiene un alto calor latente de fusión. (Fernandez, 2012)

3.1.2 Agua salada

Cubre la mayor parte del planeta, se encuentra en mares y océanos esta es un agua con alto contenido en sales, pero, al igual que el agua dulce, es el hábitat de especies marinas, no es apta para el consumo humano, ya que su composición salada puede afectar gravemente a nuestro organismo, sobre todo a los riñones, que no son capaces de absorber toda esa sal y produce deshidratación.

3.1.3 Agua dulce

Es aquella que contiene bajas concentraciones de sales minerales y es el hogar de infinidad de especies acuáticas. Es el vital líquido para muchas especies de animales que beben directamente de esta agua y los humanos la usamos en muchas ocasiones para el riego de campos y huertos, aunque no es apta para nuestro consumo directo. El agua dulce compone un 3.5% del agua del planeta y se encuentra congelada en su mayoría en los glaciares y casquetes polares.

3.1.4 Agua dura

Se define generalmente con agua con alta concentración de iones de calcio y de magnesio. Sin embargo, la dureza puede ser causada por otros metales disueltos; estos forman cationes divalentes o multivalentes, como el aluminio, el bario, el estroncio, el hierro, el zinc y el manganeso.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

Normalmente, los iones monovalentes como el sodio y el potasio no causan dureza. Estos cationes divalentes tienden a unirse con los aniones del agua para formar sales estables.

3.1.5 Aguas superficiales

Todos aquellos cuerpos hídricos que se mantienen sobre la tierra y en constante contacto con la atmósfera, estas fuentes acuíferas son las que se encargan de recoger y almacenar el agua de las lluvias, nacimientos de agua y otras fuentes y el destino final de estas fuentes son los océanos. Las aguas superficiales la componen los ríos, lagos, pantanos, lagunas y océanos, estas aguas superficiales deben clasificarse según su uso para una mejor administración de estas y dichos usos pueden ser: agrícolas, pecuarios, doméstico, agua potable, producción hidroeléctrica, balneario y centros recreativos.

3.1.6 Aguas subterráneas

Toda aquella que se obtiene bajo la tierra y se forma principalmente debido a las precipitaciones acumulándose en las grietas y huecos del suelo, la arena y las rocas. Esta agua se mantiene en mantos acuíferos en el subsuelo y en algunos casos, es posible extraer esa agua mediante pozos y emplearla para la irrigación de cultivos, el consumo de agua potable, la industria u otras actividades humanas.

Las aguas subterráneas son muy importantes como recurso hídrico, ya que constituyen la mayor reserva de agua dulce accesible. Representan una reserva a largo plazo que permite su disponibilidad para emergencias, sequías y cambio climático.

3.1.7 Características físicas y químicas

En la naturaleza el agua se encuentra en tres estados: líquido, sólido y gaseoso. El total de agua en la Tierra se estima en unos 1.400 millones de km³, de los cuáles un 3% del total corresponde a agua dulce. La provisión global de agua en la Tierra está sometida al denominado "Ciclo Hidrológico" que consiste en cambios de fase, de características físicas, químicas, y microbiológicas. El Ciclo Hidrológico se da debido

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química
a la radiación solar que desencadena la evaporación del agua desde la superficie libre de océanos y mares hasta la atmósfera.

El agua líquida está formada por asociaciones de moléculas de 2, 3 y hasta 12 unidades de H_2O , formando una estructura tridimensional fluctuante, mientras el hielo es una mezcla de cuatro isómeros.

Posee una densidad de (0,9999 g/cc a 20 °C), su tensión superficial cambia con la temperatura, disminuyendo desde 75,5 din/cm a 0 °C hasta un valor nulo en el punto crítico. Se caracteriza por tener una alta capacidad calorífica. Es por eso que es fundamental para la regulación de la temperatura global. La conductividad eléctrica del agua pura es muy baja ($\approx 0,05 \times 10^{-6} \text{ Ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) incrementándose con la disolución de electrolitos especies. Además, el agua posee una alta reactividad y se le considera como disolvente universal.

3.1.8 Importancia del agua para los humanos.

Es fundamental para el desarrollo de la vida en el planeta tanto la vida humana, animal, vegetal y microbiológica. El cuerpo humano está constituido por 60% agua y el cerebro está compuesto por un 70% de agua, la sangre humana está compuesta por el 83% de agua es por eso que es necesario que las personas consuman alrededor de 2.4 litros de agua al día, además el agua es necesaria para que las células puedan transportar los minerales y nutrientes por medio de sus ciclos biológicos naturales, también el agua ayuda a desplazar desechos y toxinas dentro del organismo.

3.2 Métodos de análisis

3.2.1 Métodos volumétricos

Las valoraciones volumétricas son un amplio grupo de procedimientos cuantitativos basados en la medida de la cantidad de un reactivo de concentración conocida, que es consumida por el analito. Con respecto a la clasificación de los métodos de análisis químicos (clásicos, instrumentales y de separación) podemos hablar de valoraciones volumétricas y gravimétricas. En las valoraciones volumétricas se mide el volumen de una disolución de concentración conocida necesario para reaccionar

completamente con el analito. Por tanto, un análisis volumétrico es toda aquella metodología basada en la medida del volumen de reactivo necesario para reaccionar con el analito. De este modo, al medir el volumen del reactivo, de concentración conocida, necesario para reaccionar con el analito en su totalidad, será más fácil calcular su concentración en la muestra.

3.2.2 Espectroscopia de Absorción Atómica.

Los métodos de espectroscopia de absorción atómica (AAS) se basan en el hecho de que un elemento atomizado absorberá la luz de una longitud de onda específica, haciendo que cambie de un estado base a un estado excitado. La cantidad de energía lumínica absorbida es correspondiente al número de átomos del analito en el paso de luz. Esta técnica se calibra introduciendo concentraciones conocidas de los átomos del analito en el paso de luz y representando la absorción frente a la curva de concentración o calibración.

En AAS de llama (FAAS), la muestra se prepara como un líquido y se nebuliza en la llama. La característica fundamental de esta técnica es la atomización que sucede en la llama. Entre sus ventajas se destacan reducción del tiempo de análisis, precisión, facilidad de uso, reducción de costos.

3.2.3 Fotometría de emisión de llama

La fotometría de emisión de llama es una técnica analítica ampliamente utilizada para la determinación de metales alcalinos y alcalinotérreos como el sodio, potasio, litio. Al someter una muestra a una llama, la energía proporcionada excita a los átomos o iones presentes, lo que hace que emitan luz a longitudes de ondas específicas. Esta luz emitida se mide y se correlaciona con la concentración del elemento en la muestra.

Un fotómetro de llama consta de varios componentes claves que funcionan juntos para emitir un análisis preciso, los componentes incluyen:

Fuente de llama; proporciona el calor necesario para excitar los átomos o iones de la muestra, por lo general es una llama de propano.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

Atomizador: Es el encargado de introducir la solución de muestra en la llama de forma controlada. Esto se puede lograr usando un nebulizador o un aspirador.
Monocromador: Es un dispositivo óptico que selecciona una longitud de onda específica de luz emitida por la muestra. Ayuda a eliminar la radiación de fondo no deseada y mejora la precisión de las mediciones.
Detector: Captura la longitud de onda de luz seleccionada y la convierte en una señal eléctrica.

Procesador de señal: Amplifica y procesa la señal eléctrica del detector, lo que permite un análisis cuantitativo. La solución de la muestra se introduce en la llama a través del atomizador, la solución normalmente se aspira o se nebuliza; a medida que la muestra entra en la llama, el solvente se evapora dejando atrás elementos disueltos en forma de átomos o iones. La alta temperatura excita aún más estos átomos, los átomos o iones excitados emiten luz en la llama a distintas longitudes de onda característica de los elementos presentes en la muestra. El monocromador selecciona la longitud de onda de luz deseada emitida por la muestra, mientras bloquea otras longitudes de onda no deseadas. El detector captura la longitud de onda de luz seleccionada y la convierte en una señal eléctrica. El procesador de señal luego mide la intensidad de la señal, que es proporcional a la concentración del elemento en la muestra. (Abreu y Chen, 2014)

3.3 Parámetros físicos químicos

3.3.1 Calidad fisicoquímica del agua

Se define calidad fisicoquímica del agua al estudio de los elementos químicos que alteran su composición y causan un impacto negativo en la salud. La calidad del agua desde el punto de vista fisicoquímico se evalúa por medio de parámetros que excedan los límites máximos permisibles según la normativa establecida en cada país.

El análisis fisicoquímico del agua es un método ampliamente utilizado para evaluar la calidad del agua. Implica la medición de diversas propiedades físicas y químicas de una muestra de agua. El análisis fisicoquímico proporciona una visión completa de la composición del agua y es útil para identificar problemas potenciales en la calidad del agua.

3.3.2 Temperatura: magnitud física que expresa el nivel de calor o frío de un cuerpo o ambiente. Se mide con termómetros y existen distintas escalas de medición: Celsius, Fahrenheit y Kelvin.

3.3.3 pH: Es una medida de acidez o alcalinidad de una solución, determinada por la concentración de iones de hidrógeno. Se expresa en una escala de 1-14, donde 7 es neutro, valores menores que 7 expresan acidez y mayores indican alcalinidad o basicidad.

3.3.4 Conductividad eléctrica: Se refiere a la capacidad de conducir electricidad, la cual depende de la cantidad de iones disueltos que contenga, a mayor concentración de iones mayor conductividad eléctrica. La unidad de medida en el sistema internacional es de Siemens sobre metro (S/m), para aguas con conductividad baja se utiliza micro siemens sobre centímetro (us/cm).

3.3.5 Color: El color del agua se debe principalmente a la presencia natural de materia orgánica. Aunque en su estado puro es un líquido incoloro, la presencia de hierro, otros metales, mezclas naturales o productos de corrosión pueden alterar significativamente su color.

3.3.6 Turbidez: Se refiere a la falta de transparencia o claridad de un cuerpo de agua debido a la presencia de partículas en suspensión, estas partículas pueden ser sedimentos, microorganismos, materia orgánica que impiden que la luz atraviese el agua de manera clara. Entre mayores partículas más alta será su turbidez y menor la transparencia del agua.

3.3.7 Dureza total: La dureza del agua está determinada por la cantidad de miligramos de Ca^{2+} y Mg^{2+} que contiene, cuanto mayor sea el contenido de calcio y magnesio en el agua, mayor será su dureza. El agua se vuelve dura porque durante su circulación entra en contacto con numerosos factores como rocas o el suelo, que le donan diversas concentraciones de iones elementales y se expresa en mg/L de CaCO_3 .

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

3.3.8 Calcio: Las sales de calcio contribuyen a la dureza total del agua, el contenido de calcio en el agua potable puede ir de cero a cientos de miligramos por litro dependiendo de la fuente y tratamiento. La cantidad de calcio recomendado en el agua es de 100 mg/L.

3.3.9 Alcalinidad total: Es una medida de la capacidad del agua para neutralizar los ácidos, esto es conocido como la capacidad de amortiguar del agua o la capacidad del agua para resistir un cambio en el pH cuando se le agrega ácido, los tres iones alcalinos primarios presentes en el agua son bicarbonato (HCO_3) carbonatos (CO_3) e hidróxidos (OH).

3.3.10 Cloruro: Es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua mineral y residual. Su concentración debe ser controlada, ya que influye en la calidad del recurso hídrico y puede representar riesgos en la salud humana así mismo es importante el monitoreo continuo para la preservación de la vida acuática y el aseguramiento de la calidad del agua potable. En el agua potable, el sabor salado producido por el cloruro es variable u depende de la composición química del agua. Algunas, con 250 mg Cl^-/L pueden tener un sabor detectable.

3.3.11 Nitritos: Las concentraciones de nitrito en aguas naturales son un indicador importante de la calidad del agua, se encuentra relacionado con el ciclo del nitrógeno además los nitritos también se forman durante la biodegradación de nitratos, nitrógeno amoniacal u otros compuestos orgánicos nitrogenados y se utiliza como indicador de contaminación fecal en aguas naturales.

3.3.12 Nitratos: El ion nitrato es una molécula formada por tres átomos de oxígeno, uno de nitrógeno y con una carga negativa (NO_3^-), no tienen color ni sabor y se encuentran en la naturaleza disueltos en el agua. Su presencia natural en las aguas superficiales o subterráneas es producto del ciclo natural del nitrógeno, no obstante, en determinadas zonas ha habido una alteración de este ciclo en el sentido de que se ha producido un aumento en la concentración de nitratos, debido al uso de abonos nitrogenados y a su posterior arrastre por las aguas de lluvia o riegos.

3.3.13 Sulfatos: El sulfato se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde unos a pocos varios de miles de miligramos por litro.

3.3.14 Hierro total: En las muestras filtradas de aguas superficiales, el hierro raramente alcanza concentraciones de 1mg/L. en algunas condiciones reductoras, el hierro existe en estado ferroso. En ausencia de iones que forman complejos, el hierro férrico no es significativamente soluble a menos que el pH sea muy bajo.

El hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre. Está presente en aguas dulces naturales en concentraciones desde 0.5 a 50mg/L. también puede encontrarse en el agua de consumo humano en la corrosión de tuberías o hierro fundido en las redes de distribución del agua.

3.3.15 Flúor: El fluoruro puede aparecer naturalmente en el agua o se puede adicionar en cantidades controladas. Cuando el nivel de fluoruro excede los límites recomendados puede producirse fluorosis. En casos raros la concentración de fluoruros puede acercarse a los 10mg/L, esas aguas deberán defluorarse.

El flúor es un elemento común ampliamente distribuido en la corteza terrestre y existe en forma de fluoruros en distintos minerales. En muchas aguas hay trazas de fluoruros, pero las concentraciones más altas suelen asociarse a aguas subterráneas; en las aguas subterráneas, las concentraciones varían según el tipo de roca por la que fluye el agua, pero no suelen superar los 10mg/L.

3.3.16 Magnesio: El magnesio ocupa el octavo lugar entre los elementos las abundantes y es un componente común de las aguas naturales. Las sales de magnesio que contribuyen de forma importante a la dureza del agua se descomponen al calentar formando costras en las calderas.

3.3.16 Sodio: El sodio es un elemento presente de forma natural en el agua de consumo. Se utiliza como parámetro indicador la calidad del agua, ya que su

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química
presencia por encima de los valores establecidos afecta negativamente al sabor (Salado) e incrementa el potencial corrosivo del agua.

3.3.17 Potasio: El potasio ocupa el séptimo lugar entre los elementos en orden de abundancia, aunque su concentración, en la mayor parte de aguas potables, rara vez alcanza los 20mg/L.

El potasio está presente ampliamente en el ambiente, incluidas todas las aguas naturales. También puede estar presente en el agua de consumo humano como consecuencia de la utilización de permanganato de potasio como oxidante en el tratamiento de agua.

3.4 Leyes en Nicaragua de la calidad del agua

Nicaragua controla el uso, distribución y preservación del agua por distintas leyes, tal como la Ley 297: Ley general de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, que tiene como objetivo la exploración, producción y distribución de agua potable, además la Ley 620: Ley general de aguas nacionales que se encarga de ordenar y regular la gestión integrada de los recursos hídricos del país. (Ley general de aguas nacionales, 2007)

Con respecto a la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense: diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable NTON 09 007-19, la cual establece criterios para el diseño de abastecimientos en agua potable. (Lacayo, 2021)

La norma CAPRE es un conjunto de regulaciones establecidas por la comisión de Agua potable y alcantarillado de la región centroamericana (CAPRE). Esta norma tiene como objetivo proteger la salud pública y, por consiguiente, ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento del agua. (CAPRE, 1993)

En este estudio, los resultados obtenidos en la muestra se compararon con los valores establecidos por la normativa CAPRE para determinar si cumplen con los estándares de calidad.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

La comparación de los parámetros obtenidos con los límites establecidos en la normativa CAPRE permite evaluar si las aguas estudiadas cumplen con criterios de aptitud para consumo humano y otras actividades.

Tabla 1. Límites permisibles según CAPRE

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
Color verdadero	mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Temperatura	°C	18 a 30	-
Concentración iones de hidrogeno	Valor de pH	6.5 a 8.5	-
Conductividad electrico	µS/cm	400	-
Cloruros	mg/L	25	250
Dureza total	mg/L CaCO ₃	400	-
Sulfatos	mg/l	25	250
Calcio	mg/L CaCO ₃	100	-
Magnesio	mg/L CaCO ₃	30	50
Sodio	mg/L	25	200
potasio	mg/L	-	10
Nitritos	mg/L	-	0.1 ò 3
Nitrato	mg/L	25	50
Hierro total	mg/L		0.3
Fluoruro	mg/L		0.7-1.5

Nota: Adaptado de Normas CAPRE (CAPRE, 1993)

(1) Nitritos: Valor máximo admisible 0.1 ó 3.0 Si se escoge el valor de 3.0 debe relacionarse el nitrato y nitrito por la fórmula

$$\frac{(NO_3)}{V.R. NO_3} + \frac{(NO_2)}{V.R. NO_2} < 1$$

(2) 1.5 mg/l T = 8 - 12 °C; 0.7 mg/l T = 25 - 30 °C

3.5 Caracterización de la comunidad en estudio

3.5.1 Comunidad Apompua

La comunidad de Apompua pertenece al municipio de Darío departamento de Matagalpa, Nicaragua. Se localiza en la zona norte del casco urbano de Ciudad Darío, a aproximadamente 97 km de la ciudad de Managua, capital del país, y a unos 40 km de la ciudad de Matagalpa. Esta comunidad cuenta con una población estimada de 850 habitantes y se caracteriza por ser un asentamiento rural con viviendas dispersas, rodeado de áreas agrícolas y vegetación propia de zonas cálidas.

En cuanto a su extensión territorial, Apompua no presenta límites definidos de forma oficial; sin embargo, en conjunto con comunidades aledañas, cubre un área aproximada de 39.29 km². El clima predominante en la zona es cálido, con temperaturas que oscilan entre los 22 y 35°C, lo cual influye en la disponibilidad y demanda de recursos hídricos, especialmente en periodos de mayor sequía.

Los habitantes de Apompua se dedican mayoritariamente a actividades agropecuarias, siendo la agricultura y ganadería las principales fuentes de sustento. Debido a esta vocación productiva, el uso del recurso hídrico es intensivo, tanto para el riego de cultivos y el abrevadero de animales, como para las actividades domésticas diarias. No obstante, el presente estudio se enfoca en el análisis de calidad del agua destinada al consumo humano.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

Durante esta investigación se analizaron muestras de agua de pozos ubicados en dos fincas privadas de la comunidad. Al menos 10 familias hacen uso directo del agua extraída de estos pozos, lo que refuerza la necesidad de evaluar la calidad fisicoquímica de acuerdo a los parámetros establecidos por la normativa CAPRE.

La primera fuente subterránea evaluada (pozo 1) tiene 6.64 metros de profundidad y 2.10 metros de ancho, no se encuentra cubierta, lo que la expone en mayor medida a distintos contaminantes. En cambio, el pozo 2 tiene una altura de un metro sobre el nivel del suelo de ladrillos y 10 metros de profundidad, además, está cubierto con una malla lo cual impide que se introduzcan animales, hojas, ramas, entre otros. Ambos pozos cuentan con bomba eléctrica lo que facilita la extracción del agua.

Se analizó también una fuente superior (quebrada), de la cual los pobladores de la comunidad hacen uso de ella, ya sea para recreación, abrevadero para los animales, para el riego de cultivos y en algunos casos para uso doméstico.

4. Diseño metodológico

4.1 Tipo de estudio

La investigación es cuantitativa, explorativa y de corte transversal

4.2 Área de estudio

La investigación se realizó en la comunidad rural de Apompua del departamento de Matagalpa

Figura 1: ubicación puntos de muestreo (mapa Apompua)



4.3. Población

Aguas subterráneas y superficiales de una comunidad rural del departamento de Matagalpa.

4.4. Tipo de muestreo

No probabilístico intencional, se recolectaron 3 muestras de distintas fuentes en el periodo de septiembre-diciembre 2024.

4.5. Muestra

Se obtienen las muestras de dos pozos artesanales y una quebrada de la comunidad rural del departamento de Matagalpa.

4.6 Instrumentos

- Espectrofotómetro de absorción atómica UV-Visible HACH DR/200
- pHmetro/conductímetro Thermo Cientific Orion Star A215 rango de pH: -2,00 a 20,00
- Agitador magnético CORNING PC 620D
- Balanza analítica Denver instrument, P-214, Max: 210g, L: $\pm 0.2\text{mg}$
- Campana extractora de gases Supreme Air
- Horno drying oven
- Turbidímetro HACH 4790000
- Fotómetro de llama FP902 PG Instruments
- Termómetro -10°C a 110°C

4.7 Materiales

- Bureta de 25, 50mL
- Balones aforados de 50, 100, 200, 250 y 500mL
- Beakers de 100, 150 y 200mL
- Probeta de 50, 100 y 1000mL
- Pipetas volumétricas de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25 y 50mL
- Pipetas graduadas de 0.5 y 1mL
- Matraz Erlenmeyer de 125, 250mL
- Celdas de vidrio y de cuarzo de 2.5cm
- Pizeta
- Espátulas • Goteros
- Magnetos
- Casa magnetos

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

- Tapones de polietileno
- Mascara extractora de gases
- Envases plásticos de 500mL y 4L

4.8 Reactivos

- 1-10 Ortofenantrolina monohidratada (Fisher chemical)
- Acetato de amonio. $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$. Fisher chemical.
- Acetato de sodio $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ cristal (J.T: Baker)
- Ácido acético glacial concentrado. CH_3COOH (J:T:Baker)
- Ácido clorhídrico (HCl) concentrado (Merck)
- Ácido sulfúrico H_2SO_4 (Merck)
- Buffer de pH 4, 7, 10. (Merck)
- Clorhidrato de hidroxilamina cristales (J.T.Baker)
- Cloruro de amonio NH_4Cl (Fisher chemical)
- Cloruro de bario BaCl_2 (Fisher chemical)
- Cloruro de magnesio 6 hidrato (Fisher chemical)
- Cloruro de sodio (Fisher chemical)
- Cloruro de zirconilo 8 hidrato (Fisher chemical)
- Di clorhidrato de N-(1-Naftil) etilendiamina (Fisher chemical)
- Negro de ericromo T(NET) (Scharlau)
- Estándar patrón de calcio 1000 ppm. Fisher chemical
- Estándar patrón de cloruro 1000ppm (Fisher chemical)
- Estándar patrón de color platino cobalto. (Fisher chemical)
- Estándar patrón de nitrato 1000 ppm. (Merck)
- Estándar patrón de nitrito 1000 ppm. (Merck)
- Estándar patrón de potasio 1000 ppm. (Fisher chemical)
- Estándar patrón de sodio 1000 ppm. (Fisher chemical)
- Estándar patrón de sulfato 1000 ppm. (Fisher chemical)
- Estándar patrón de turbidez 4000 NTU. RICCA CHEMICAL COMPANY
- Estándar patrón flúor 1000 ppm. (Merck)
- Estándar patrón hierro 1000 ppm. (Scharlau)
- Etanol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (Merck)
- Ácido Etilendiaminatetracético, EDTA (Fisher chemical)

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

- Fenolftaleína $C_{20}H_{14}O_4$ (Fisher chemical)
- Hidróxido de amonio NH_4OH (J.T.Baker)
- Hidróxido de sodio $NaOH$ 1N (Merck)
- Indicador de Murexida (Scharlau)
- Nitrato de plata $AgNO_3$ (Fisher chemical)
- Nitrato de potasio KNO_3 (Fisher chemical)
- Rojo de metilo (Scharlau)
- Solución estándar alcalinidad 0.5 N $CaCO_3$. (HACH)
- Solución SPANDS (HACH)
- Sulfanilamida (Fisher chemical)
- Sulfato de magnesio heptahidratado. $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (Fisher chemical)
- Indicador Verde de bromocresol (Scharlau)

4.9 Procedimiento de recolección de la muestra

Recolección de las muestras de agua subterránea (Extraídas por sistema de bombeo)

1. Encender la bomba para iniciar el proceso de succión del agua, la cual asciende a través de un tubo debido a la presión generada por el equipo
2. El agua extraída es dirigida por medio de un tubo de descarga conectado a la salida de la bomba
3. Dejar correr el agua por 5 minutos para limpiar el tubo
4. Enjuagar 3 veces el envase con el agua a analizar desechando el agua del enjuague
5. Llenar del 75-80% del envase
6. Tapar inmediatamente
7. Almacenar la muestra a $4^\circ C$
8. Traslado de la muestra al laboratorio
9. Realizar los análisis dentro de las primeras 72 horas luego de ser realizado el muestreo

Recolección de la muestra de agua superficial

1. Enjuagar 3 veces el envase con el agua a analizar, llenándolo en contra de la corriente y desechando el agua de enjuague

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

2. Llenar del 75-80% del envase
3. Tapar inmediatamente
4. Almacenar la muestra a 4°C
5. Traslado de la muestra al laboratorio
6. Realizar los análisis dentro de las primeras 72 horas luego de ser realizado el muestreo

(Para el análisis de hierro se utilizará un recipiente de 250 ml y se preservará con 1mL de HCl concentrado)

4.10 Procedimiento de análisis fisicoquímicos

4.10.1. Medición de temperatura

- 1- Transferir 50 mL de la muestra a un beaker de 100ml
- 2- Medir con un termómetro de -10°C a 110°C en grados Celsius la temperatura
- 3- Introducir el termómetro en la muestra sin tocar las paredes ni llegar hasta la base del recipiente
- 4- Registrar la medición

4.10.2 Determinación de pH y conductividad eléctrica

Verificación del pHmetro

1. Encender el pHmetro presionando el botón on/off
2. Colocar el pH-metro en la función lectura de pH
3. Lavar el electrodo con abundante agua destilada y secarlo sin frotar el electrodo con papel absorbente
4. Enjuagar el electrodo con una pequeña porción de buffer 7.01
5. Introducir el electrodo en la solución buffer pH 7.01 y presionar la tecla READ
6. Anotar los valores
7. Realizar 3 lecturas en función de pH para cada solución buffer
8. Repetir los pasos del 3-7 usando las soluciones buffer de 4.01 y 10.01

Lectura del blanco

- Transferir 50 mL de agua destilada a un beaker de 100ml

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

- Enjuagar los electrodos con agua destilada y secarlos sin frotar el electrodo con un papel toalla
- Introducir el electrodo en el agua destilada y controlar la temperatura a 25°C
- Anotar la medición de pH

Lectura de la muestra

- Transferir 50 mL de la muestra a un beaker de 100ml
- Enjuagar los electrodos con agua destilada y secarlos sin frotar el electrodo con un papel toalla
- Introducir el electrodo en la muestra de agua y controlar la temperatura a 25°C
- Anotar las mediciones de pH
- Repetir el mismo procedimiento para las 3 muestras

Verificación del conductímetro

1. Encender el equipo
2. Colocar el equipo en función de lectura de conductividad
3. Lavar el electrodo con abundante agua destilada y secarlo sin frotar el electrodo con papel absorbente
4. Agregar a un beaker 50ml de una solución de KCl 0.01N y colocar el electrodo en la solución
5. Anotar los valores

Lectura del blanco

- Transferir 50 mL de agua destilada a un beaker de 100ml
- Enjuagar los electrodos con agua destilada y secarlos sin frotar el electrodo con un papel toalla
- Introducir el electrodo en la muestra de agua y controlar la temperatura a 25°C
- Anotar la medición de conductividad

Lectura de la muestra

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

- Transferir 50 mL de la muestra a un beaker de 100ml
- Enjuagar los electrodos con agua destilada y secarlos sin frotar el electrodo con un papel toalla
- Introducir el electrodo en la muestra de agua y controlar la temperatura a 25°C
- Anotar las mediciones de conductividad
- Repetir el mismo procedimiento para las 3 muestras

4.10.3 Determinación de color

Verificación del método

- 1- Preparar 5 soluciones estándares de 5, 10, 15, 20, 30 y 40 ppm a partir de una solución patrón de color platino cobalto
- 2- En el espectrofotómetro fijar el número correspondiente al método de color, pulsar enter
- 3- Poner en cero el equipo con agua destilada
- 4- Correr la curva a 455nm
- 5- Leer las absorbancias de los estándares y anotar

Lectura del blanco

- 1- En un beaker de 50ml añadir 20 mL de aguas destilada
- 2- Colocar una pequeña cantidad de la muestra en una celda de vidrio
- 3- Leer la absorbancia de cada una de las muestras en el espectrofotómetro
- 4- Anotar la absorbancia obtenida

Lectura de la muestra

- 5- En un beaker de 50ml añadir 20 mL de la muestra
- 6- Colocar una pequeña cantidad de la muestra en una celda de vidrio
- 7- Leer la absorbancia de cada una de las muestras en el espectrofotómetro
- 8- Anotar la absorbancia obtenida

4.10.4 Determinación de turbidez

Verificación del método

- 1- Se preparó 7 soluciones estándares de 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 40 NTU (unidad nefelométrica de turbidez) a partir de una solución madre de 4,000 NTU.
- 2- Se enjuaga la celda de vidrio con agua destilada y con cada estándar antes de leerlo en el Turbidímetro.
- 3- Se agita la celda antes de introducirlo al Turbidímetro
- 4- Introducir la celda en el Turbidímetro y anotar la lectura

Lectura del blanco

- 1- Añadir agua destilada a la celda y agitar
- 2- Introducir la celda en el Turbidímetro y anotar la lectura

Lectura de la muestra

1. Añadir la muestra a la celda y agitar
2. Introducir la celda en el Turbidímetro y anotar la lectura

4.10.5 Dureza total

Mediante titulación con EDTA

La dureza total por EDTA mide la suma de calcio Ca^{2+} y magnesio Mg^{2+} en el agua. El indicador negro de ericromo T permite detectar el punto final de la titulación por el cambio de color. El resultado se expresa en mg/L CaCO_3 .

Estandarización del EDTA 0.01N

Lectura del blanco:

- Medir 50ml de agua destilada y traspasarlo a un Erlenmeyer de 125ml -
Agregar 2ml de solución buffer para ajustar el pH.
- Adicionar una cucharadita de negro de eriocromo T - Titular poco a poco con EDTA hasta un viraje de color azul.
- Anotar el volumen de EDTA gastado como V1.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

Lectura de la muestra

- Medir 50mL de la muestra con una pipeta volumétrica y traspasar a un Erlenmeyer de 125mL
- Agregar 2mL de la solución buffer
- Añadir una cucharadita de negro de ericromo T
- Titular con EDTA hasta observar un cambio en la coloración de purpura a azul.
- Anotar el volumen de EDTA gastado

Calculo

$$Dureza \frac{mg}{L} CaCO_3 = \frac{A \times N \times 1000 \times 50.04}{Vm}$$

Donde:

A: Volumen de EDTA gastado en mL

N: normalidad del titulante N

1000: factor de conversión

Vm: Volumen de la muestra en mL

50.04: peso equivalente del carbonato de calcio (mg/L)

4.10.6 Calcio

Método volumétrico, titulación con EDTA

La determinación de calcio con EDTA se realiza a pH 12-13, utilizando murexida como indicador, lo que nos permite que solo el Ca^{2+} sea valorado, de esta manera el Mg^{2+} no interfiere en la titulación.

Lectura de blanco:

- Medir 50mL de agua destilada y transferir a un Erlenmeyer de 125mL

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

- Agregar 2mL de solución buffer de NaOH
- Adicionar una cucharadita de murexida
- Titular poco a poco con EDTA hasta un cambio de coloración de rosado a purpura - Anotar el volumen gastado de EDTA como V1.

Lectura de la muestra:

- Medir 50mL de la muestra con una `pipeta volumétrica y transferir a un Erlenmeyer de 125mL.
- Agregar 2ml de solución de NaOH
- Añadir una pequeña cantidad de murexida
- Titular poco a poco con EDTA hasta un viraje purpura y anotar el volumen de EDTA gastado

Calculo

$$mg A \times N \times 1000 \times 20.04 Ca \text{ --- } L CaCO_3 = \text{ --- } Vm$$

Donde:

A: Volumen de EDTA gastado mL

N: normalidad del titulante N

1000: factor de conversión

Vm: Volumen de la muestra en mL

20.04: peso equivalente del carbonato de calcio

4.10.7 Alcalinidad total

Mediante titulación con H₂SO₄

La determinación de alcalinidad mediante titulación con ácido sulfúrico es un método volumétrico que permite medir la capacidad de una muestra para neutralizar ácidos, es

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa

Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología

Área de conocimiento específica de Química

decir, su contenido de bases. Se aplica este método para el análisis de aguas subterráneas, superficiales y residuales.

Estandarización del H_2SO_4 0.02N

- 1- Tomar 10 ml de Na_2CO_3 0.05N traspasar a un Erlenmeyer de 125 ml.
- 2- Agregar de 2-3 gotas de indicador mixto (bromo de verde de bromocresol y rojo de metileno)
- 3- Titular con H_2SO_4 0.02 N hasta un tono entre rosa claro y amarillo
- 4- Anotar el volumen gastado como V_{total}

Medición del blanco

- 1- En un Erlenmeyer de 125ml añadir 50ml de agua destilada
- 2- Agregar 2-3 gotas de indicador mixto
- 3- Titular con H_2SO_4 0.02N
- 4- Anotar el volumen gastado como V_m

Medición de la muestra

1. En un Erlenmeyer de 125ml añadir 50ml de la muestra
2. Agregar 2-3 gotas de indicador mixto 3. Titular con H_2SO_4 0.02N
4. Anotar el volumen gastado como V_m

Calculo

$$\frac{CaCO_3}{\times 1000} \times \frac{V_T}{V_m} (mg) = V_T \times N_{H_2SO_4} \times 50.04$$

Donde:

V_T : volumen del titulante gastado en mL

N: normalidad del ácido sulfúrico (N)

V_m: Volumen de la muestra en mL

1000: factor de conversión

50.04: Peso equivalente del CaCO_3

4.10.8 Cloruros

Método volumétrico, titulación con nitrato de plata

Consiste en titular los cloruros con nitrato de plata, utilizando como indicador cromato de potasio. El viraje se observa cuando se forma un precipitado rojo ladrillo de Ag_2CrO_4 señal que ya no quedan iones de cloruro en las muestras de agua.

Estandarización del titulante

- 1- Tomar 50ml de la solución patrón de cloruro de sodio 1000ppm y traspasar a un Erlenmeyer de 125ml
- 2- Añadir 2 gotas de cromato de potasio, homogenizar y titular con nitrato de plata 0.0141N
- 3- Anotar el volumen de nitrato de plata gastado en la titulación

Lectura de blanco

- 1- En un Erlenmeyer de 125ml se toman 50ml de la muestra utilizando una pipeta volumétrica
- 2- Añadir 2 gotas de cromato de potasio y homogenizar
- 3- Titular con AgNO_3 0.0141N hasta un cambio en la coloración a rojo ladrillo
- 4- Anotar el volumen gastado en la titulación

Lectura de la muestra

1. En un Erlenmeyer de 125ml se toman 50ml de la muestra utilizando una pipeta volumétrica
2. Añadir 2 gotas de cromato de potasio y homogenizar
3. Titular con AgNO_3 0.0141N hasta un cambio en la coloración a rojo ladrillo
4. Anotar el volumen gastado en la titulación

Cálculos

$$Cl = \frac{mg/L: V \times N \times 35450}{Vm}$$

Donde:

V: volumen de nitrato de plata gastado en mL

N: normalidad del nitrato de plata N

35450: factor de conversión

Vm: volumen de la muestra en mL

4.10.9 Determinación de Nitritos

Método colorimétrico

El nitrito se determina por la formación de una colorante azo purpura rojizo, producido a pH 2-2.5 por acoplamiento de sulfanilamida diazotizada con dicloehidrato de N-(1-naftil)-etilendiamina. La intensidad de color se mide espectrofotométricamente y, comparándola con una curva de calibración, se determina la concentración de nitritos en la muestra.

Verificación del método

- 1- Transferir 50ml de cada uno de los estándares en un matraz Erlenmeyer de 125ml
- 2- Añadir 2 ml del reactivo de color y homogeneizar, dejar reposar en un periodo menor a 2 horas

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

- 3- Fijar el número correspondiente al método de nitritos
- 4- Fijar la longitud de onda correspondiente a 543nm
- 5- Poner en cero el equipo con agua destilada
- 6- Leer las absorbancias de los estándares
- 7- Verificar el coeficiente de correlación de la curva

Lectura del blanco

- 1- En un matraz Erlenmeyer de 125ml añadir 50ml de agua destilada
- 2- Añadir 2mL del reactivo de color y dejar reposar en un periodo menor a dos horas
- 3- Medir la absorbancia de la muestra en una celda de vidrio de 2.5cm
- 4- Anotar la concentración de nitritos obtenida en la muestra

Lectura de la muestra

1. En un matraz Erlenmeyer de 125ml añadir 50ml de la muestra
2. Añadir 2mL del reactivo de color y dejar reposar en un periodo menor a dos horas
3. Medir la absorbancia de la muestra en una celda de vidrio de 2.5cm
4. Anotar la concentración de nitritos obtenida en la muestra

4.10.10 Determinación de Nitratos

Método espectro métrico ultravioleta selectivo

Este método mide la absorbancia a 220 nm utilizando HCl para acidificar, estabilizar y conservar la muestra, sin embargo, la materia orgánica y algunas especies inorgánicas también absorben a esa longitud de onda. Para corregir esas interferencias se realiza una lectura adicional a 275nm donde el nitrato no absorbe significativamente.

Verificación del método

1. Transferir 50ml de cada uno de los estándares en un matraz Erlenmeyer de 125ml
2. Añadir 1ml de HCl 1N a cada uno de los estándares y homogeneizar
3. Fijar el número correspondiente al método de nitratos
4. Fijar la longitud de onda correspondiente a 220nm y 275nm

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

5. Poner en cero el equipo con agua destilada utilizando celdas de cuarzo
6. Leer las absorbancias de los estándares
7. Verificar el coeficiente de correlación de la curva
8. Calcular la absorbancia corregida

Lectura del blanco

- 1- En un matraz Erlenmeyer transferir 50ml de la muestra de agua a analizar
- 2- Añadir 1ml de HCl 1N y homogeneizar
- 3- Leer la absorbancia de la muestra a 220nm y 275nm
- 4- Calcular la absorbancia corregida y anotar valores

Lectura de la muestra

1. En un matraz Erlenmeyer transferir 50ml de la muestra de agua a analizar
2. Añadir 1ml de HCl 1N y homogeneizar
3. Leer la absorbancia de la muestra a 220nm y 275nm
4. Calcular la absorbancia corregida y anotar valores

4.10.11 Determinación de sulfatos

Método turbidimétrico

El sulfato en presencia de bario precipita como BaSO_4 , un sólido muy poco soluble. En el método turbidimétrico se forma ese precipitado en suspensión bajo condiciones controladas y se mide la turbidez con un espectrofotómetro. La turbidez es proporcional a la cantidad de sulfato presente.

Verificación del método

- 1- Transferir 50ml de cada uno de los estándares en un matraz Erlenmeyer de 250ml boca ancha
- 2- Añadir 10ml de la solución buffer y mezclar en el plato agitador
- 3- Agregar un poco de cloruro de bario con espátula y agitar por 1minuto a velocidad constante con cada uno de los estándares

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

- 4- Fijar el número correspondiente al método de Sulfatos
- 5- Fijar la longitud de onda correspondiente a 420nm
- 6- Poner en cero el equipo con agua destilada
- 7- Agregar la solución en la celda del espectrofotómetro y medir la absorbancia
- 8- Verificar el coeficiente de correlación de la curva

Lectura del blanco

- 1- En un Erlenmeyer de 250ml boca ancha agregar 50ml de la muestra de agua 2- Añadir 10ml de solución buffer y mezclar en el plato agitador.
- 3- Agregar un poco de cristales de bario con ayuda de una espátula y agitar a velocidad constante por un minuto
- 4- Leer la absorbancia de la muestra

Lectura de la muestra

1. En un Erlenmeyer de 250ml boca ancha agregar 50ml de la muestra de agua
2. Añadir 10ml de solución buffer y mezclar en el plato agitador.
3. Agregar un poco de cristales de bario con ayuda de una espátula y agitar a velocidad constante por un minuto
4. Leer la absorbancia de la muestra

4.10.12 Determinación de Hierro total

Método Orto-fenantrolina

La orto-fenantrolina forma con el hierro un complejo ferroso anaranjado-rojizo, estable y altamente coloreado. Si la muestra contiene Fe^{3+} , se reduce previamente a Fe^{2+} . La intensidad del color es proporcional a la cantidad de Fe^{2+} contenido en la muestra.

Verificación del método

- 1- Transferir 50ml de cada uno de los estándares en un beaker de 150ml
- 2- Agregar 2ml de HCl concentrado y 1ml de solución de hidroxilamina al 10%

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

- 3- Proceder a digerir los estándares hasta reducir el volumen original a 20ml aproximadamente
- 4- Dejar enfriar hasta que adquieran la temperatura ambiente
- 5- Agregar 10ml de la solución buffer de acetato de amonio y 4ml de solución de fenantrolina en ese orden
- 6- Traspasar a un tubo Nesler y aforar con agua destilada hasta 50ml, tapar con papel parafilm y agitar suavemente por inversión, dejar reposar 15 minutos.
- 7- Fijar el número correspondiente al método de hierro
- 8- Fijar la longitud de onda correspondiente a 570nm
- 9- Poner en cero el equipo con agua destilada
- 10- Leer la absorbancia de la solución coloreada en el espectrofotómetro

Lectura del blanco

- 1- En un beaker de 150ml agregar 50ml de agua destilada
- 2- Añadir 2ml de HCl concentrado y 1ml de la solución de hidroxilamina
- 3- Proceder a digerir la muestra hasta que reduzca su volumen a 20ml sin llegar a ebullición
- 4- Dejar reposar hasta que adquiera temperatura ambiente y añadir 10ml de solución buffer de acetato de amonio y 4ml de solución de fenantrolina, siguiendo ese orden
- 5- Aforar con agua destilada hasta 50ml en un tubo Nesler, tapas con papel parafilm o tapón esmerilado, agitar suavemente por inversión dejar reposar 15 minutos hasta el desarrollo de un color naranja y leer la absorbancia.

Lectura de la muestra

1. En un beaker de 150ml agregar 50ml de agua destilada
2. Añadir 2ml de HCl concentrado y 1ml de la solución de hidroxilamina
3. Proceder a digerir la muestra hasta que reduzca su volumen a 20ml sin llegar a ebullición
4. Dejar reposar hasta que adquiera temperatura ambiente y añadir 10ml de solución buffer de acetato de amonio y 4ml de solución de fenantrolina, siguiendo ese orden

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

5. Aforar con agua destilada hasta 50ml en un tubo Nesler, tapar con papel parafilm o tapón esmerilado, agitar suavemente por inversión dejar reposar 15 minutos hasta el desarrollo de un color naranja y leer la absorbancia.

4.10.13 Determinación de flúor

Método SPANDS

Consiste en medir la pérdida de color de un complejo Zr-SPANDS provocado por el fluoruro, y cuantificado con espectrometría a 570nm, comparado en una curva de calibración.

Verificación del método

- 1- Transferir 50ml de cada uno de los estándares en beaker de 100ml
- 2- Añadir 10ml del reactivo combinado a cada uno de los estándares y homogeneizar, tapar los beakers de manera que no tengan contacto con la luz
- 3- Fijar el número correspondiente al método de Flúor
- 4- Fijar la longitud de onda correspondiente a 570nm
- 5- Poner en cero el equipo con la solución de referencia
- 6- Leer las absorbancias de los estándares
- 7- Verificar el coeficiente de correlación de la curva

Lectura del blanco

- 1- En un beaker de 100ml añadir 50ml de agua destilada
- 2- Agregar 10ml del reactivo combinado a la muestra, homogenizar y tapar el beaker con papel aluminio.
- 3- Leer la absorbancia de la muestra y anotar la concentración obtenida

Lectura de la muestra

1. En un beaker de 100ml añadir 50ml de la muestra
2. Agregar 10ml del reactivo combinado a la muestra, homogenizar y tapar el beaker con papel aluminio.
3. Leer la absorbancia de la muestra y anotar la concentración obtenida

4.10.14 Determinación de Magnesio

Mediante método de cálculo

El método del cálculo del magnesio en el análisis de agua consiste en determinar el magnesio indirectamente, a partir de las dos titulaciones con EDTA, se resta el calcio de la dureza total, ya que el EDTA no distingue directamente entre Ca^{2+} y Mg^{2+} .

$$Mg = \frac{(V_{Dureza} - V_{Calcio}) \times 1000 \times 12.16 \times n}{V_m}$$

Donde:

V_{dureza} : Volumen de EDTA gastado en dureza en mL

V_{calcio} : Volumen de EDTA gastado en calcio en mL

1000: Factor de conversión

N: Normalidad del EDTA

V_m : volumen muestra en mL

12.16 peso equivalente del magnesio

4.10.15 Determinación de sodio

Método de emisión fotométrica de llama

El sodio en la muestra, al ser aspirado a la llama, se excita y emite luz en su longitud de onda característica. Esa emisión se relaciona directamente con su concentración en la muestra.

Procedimiento de operación y calibración externa

- 1- Abrir el suministro de combustible en el cilindro (gas propano). Encienda el compresor de aire.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

- 2- Gire el botón "Fuel" aproximadamente 12 vueltas en sentido contrario a las manecillas del reloj o a la izquierda del equipo estando en posición frente al mismo
- 3- Presione el botón "Power" para colocarlo en posición de encendido "ON". En la pantalla aparecerá 000.
- 4- Presione con el dedo la tecla decimal para mover el punto según sea necesario y el ciclo de ignición tendrá inicio
- 5- Seleccione el filtro de trabajo (K)
- 6- Inserte el tubo de entrada al nebulizador en un beaker con 100ml de diluyente y deje estabilizar por 15 minutos. Esto asegura una temperatura estable en el quemador cuando se aspiran las soluciones, después del periodo de calentamiento.
- 7- Durante el periodo de calentamiento prepare un juego de soluciones de calibración que cubra el rango de medición requerido.
- 8- Para mayor precisión y estabilidad, se recomienda usar el diluyente para fijar el blanco y las diluciones de muestras y estándares.
- 9- Cuando aspire el diluyente, ajuste el blanco de manera que en pantalla se lea 0.0
- 10-Aspire el estándar con la concentración más alta para verificar su concentración
- 11-Ajuste cuidadosamente el control de combustible para una lectura máxima en la pantalla, asegurando que solamente se hacen pequeños ajustes, con pausa de varios segundos entre ajustes.

Lectura de la muestra

- 1- Se mide una porción de muestra en un beaker de 1000ml
- 2- Inserte el tubo de entrada del nebulizador en el beaker que contiene la muestra
- 3- Registre la lectura de la muestra que aparecerá en la pantalla
- 4- Entre lectura de muestra y muestra coloque un beaker con solución diluyente

4.10.16 Determinación de potasio

Método de emisión fotométrica de llama

Consiste en el mismo método que la determinación de sodio, solo cambia la longitud de onda de emisión y la preparación de estándares de potasio. La señal de luz emitida en la llama se relaciona directamente con la concentración de potasio en la muestra.

Verificación del método

1. Abrir el suministro de combustible en el cilindro (gas propano). Encienda el compresor de aire.
2. Gire el botón "Fuel" aproximadamente 12 vueltas en sentido contrario a las manecillas del reloj o a la izquierda del equipo estando en posición frente al mismo
3. Presione el botón "Power" para colocarlo en posición de encendido "ON". En la pantalla aparecerá 000.
4. Presione con el dedo la tecla decimal para mover el punto según sea necesario y el ciclo de ignición tendrá inicio
5. Seleccione el filtro de trabajo (K)
6. Inserte el tubo de entrada al nebulizador en un beaker con 100ml de diluyente y deje estabilizar por 15 minutos. Esto asegura una temperatura estable en el quemador cuando se aspiran las soluciones, después del periodo de calentamiento.
7. Durante el periodo de calentamiento prepare un juego de soluciones de calibración que cubra el rango de medición requerido.
8. Para mayor precisión y estabilidad, se recomienda usar el diluyente para fijar el blanco y las diluciones de muestras y estándares.
9. Cuando aspire el diluyente, ajuste el blanco de manera que en pantalla se lea 0.0
10. Aspire el estándar con la concentración más alta para verificar su concentración
11. Ajuste cuidadosamente el control de combustible para una lectura máxima en la pantalla, asegurando que solamente se hacen pequeños ajustes, con pausa de varios segundos entre ajustes.

Lectura de la muestra

- 1- se mide una porción de muestra en un beaker de 100ml y luego se pone a leer. El valor aparecerá en la pantalla
- 2- después de cada lectura se debe poner en cero con agua destilada

5. Resultados y discusión

5.1 Resultados obtenidos

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

Tabla 2. Resultados de los parámetros evaluados en las muestras de agua

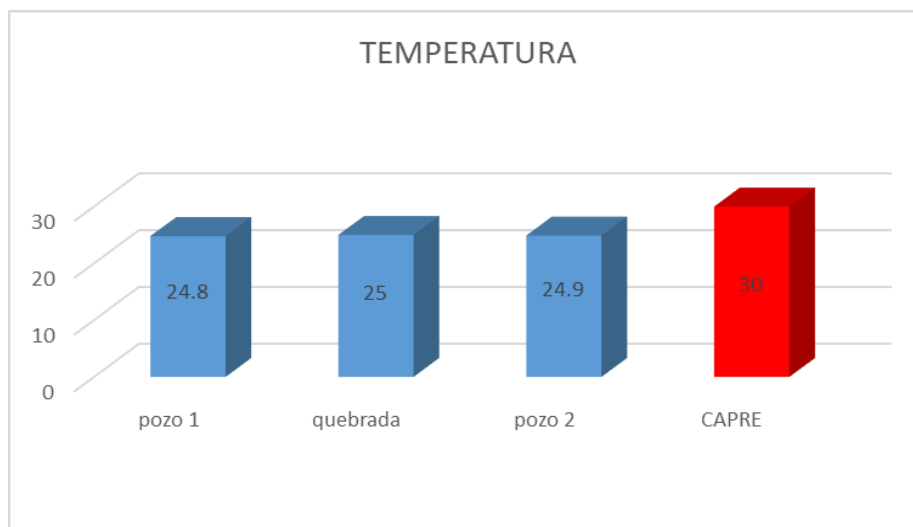
Parámetros	Unidades de medida	Pozo 1	Quebrada	Pozo 2
Temperatura	°C	24.8	25.0	24.9
pH	Valor de pH	7.6	8.3	7.6
Conductividad eléctrica	µS/cm	1563.0	360.4	987.4
Color	mg/L (Pt-Co)	10.2	31.3	31.3
Turbidez	UNT	1.6	5.6	0.0
Dureza total	mg/L CaCO ₃	490.7	321.0	828.3
Calcio (Ca)	mg/L CaCO ₃	193.5	98.1	138.2
Alcalinidad	mg/L	420.0	180.2	460.4
Cloruros (Cl)	mg/L	592.6	38.2	356.3
Magnesio (Mg)	mg/L CaCO ₃	3.8	18.5	117.4
Nitratos (NO ₃)	mg/L	38.7	7.2	1.8
Nitritos (NO ₂)	mg/L	0.2	0.0	0.0
Hierro total (Fe ²⁺)	mg/L	0.0	0.0	0.0
Flúor (F)	mg/L	0.6	0.2	0.6
Sulfatos (SO ₄)	mg/L	132.1	50.8	31.4
Sodio (Na)	mg/L	174.0	22.0	18.0
Potasio (K)	mg/L	2.0	3.0	1.0

Nota: elaboración propia

5.2 Comparación con la Norma CAPRE

• Temperatura

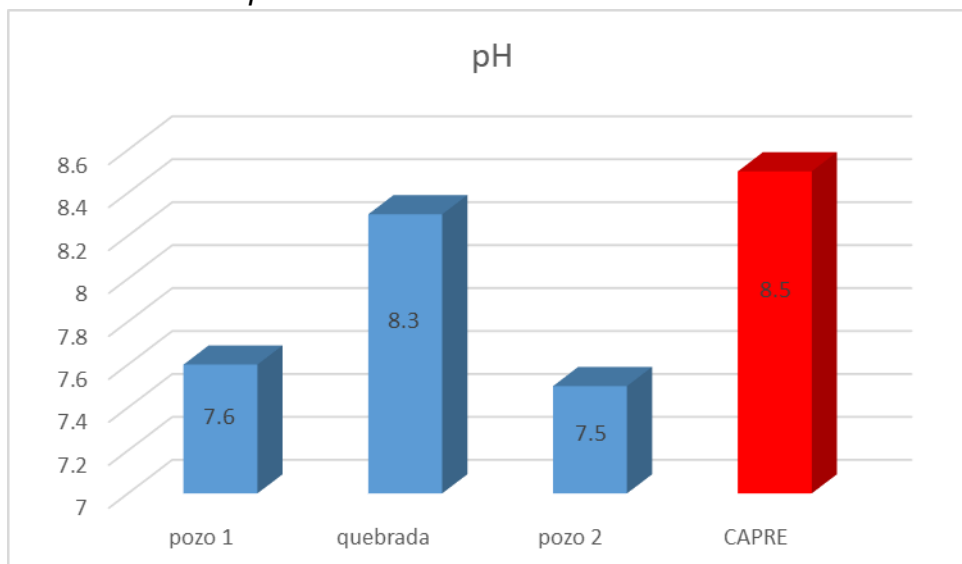
Gráfico 1: Resultados de la temperatura



Las tres fuentes de agua cumplen con el criterio de aceptación establecido por la normativa CAPRE que es de 18-30 °C; obteniendo valores de 24.8 a 25 °C en las muestras.

• pH

Gráfico 2: Resultados de pH



Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa

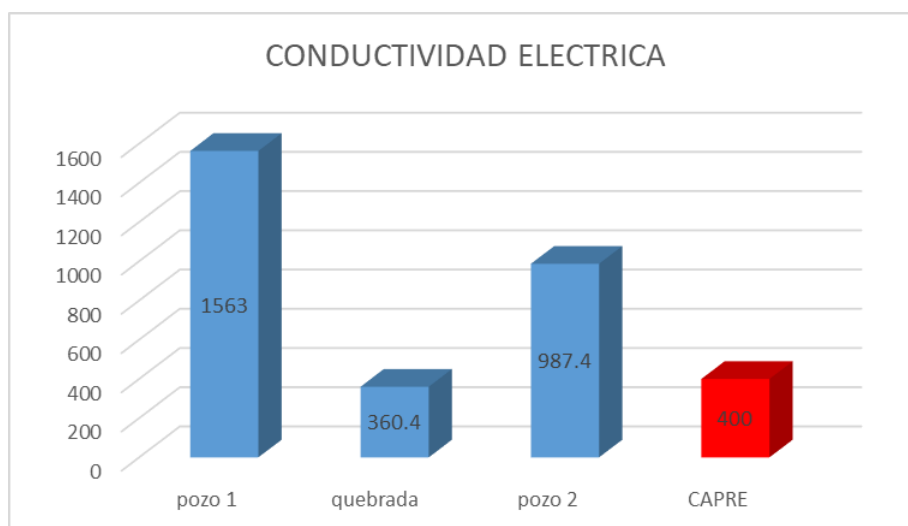
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología

Área de conocimiento específica de Química

En la prueba de pH, las tres muestras presentan valores dentro del rango establecido por la norma CAPRE (6.5 a 8.5), obteniendo el valor más alto de 8.3 en la muestra de la quebrada.

• Conductividad eléctrica

Gráfico 3: Resultados de conductividad eléctrica

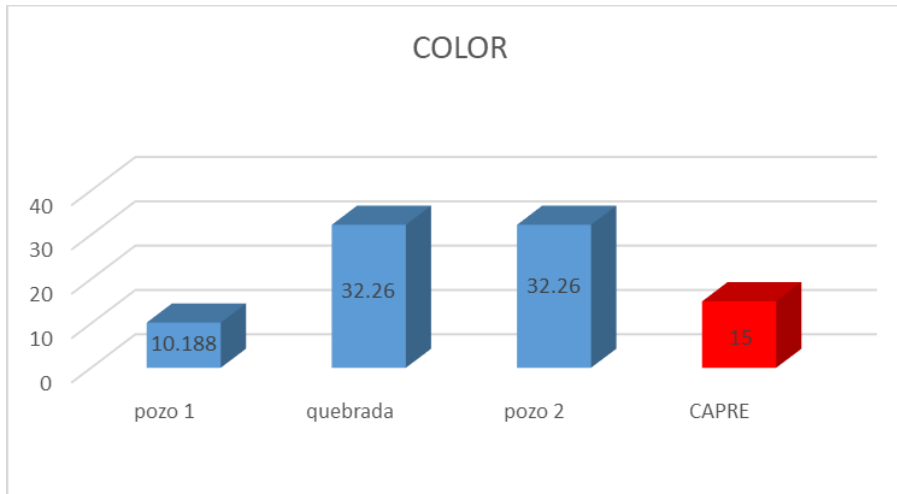


Los pozos presentan valores por encima del valor recomendado (400 µS/cm), por lo tanto, no cumplen. La quebrada presenta un valor menor y si cumple con la norma.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
 Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
 Área de conocimiento específica de Química

- Color

Gráfico 4: Resultados de color

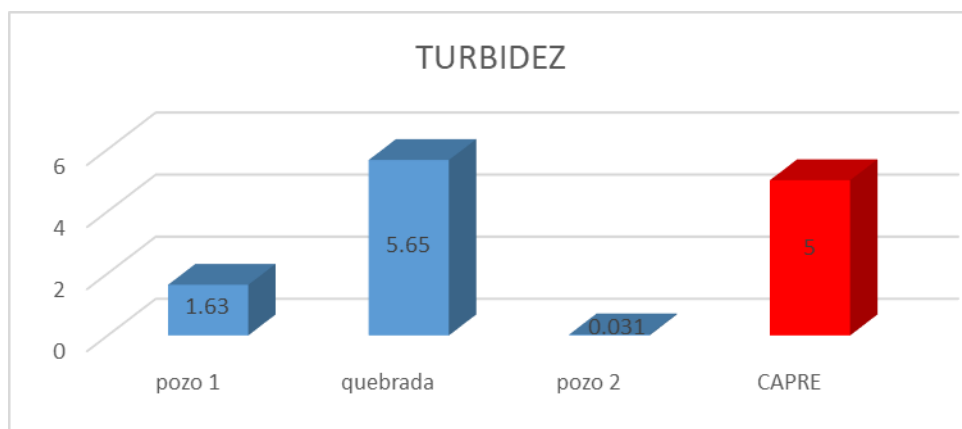


El pozo 1 presenta un valor por debajo del límite establecido por la normativa (15 mg/L Pt-Co), por lo que se encuentra dentro del rango de aceptación.

La quebrada y el pozo 2 presentaron valores iguales de 32.266 mg/L Pt-Co, duplicando el límite establecido. Esto puede atribuirse a la presencia de materia orgánica, sedimentos o algunos minerales como el hierro.

- Turbidez

Gráfico 5: Resultados de turbidez

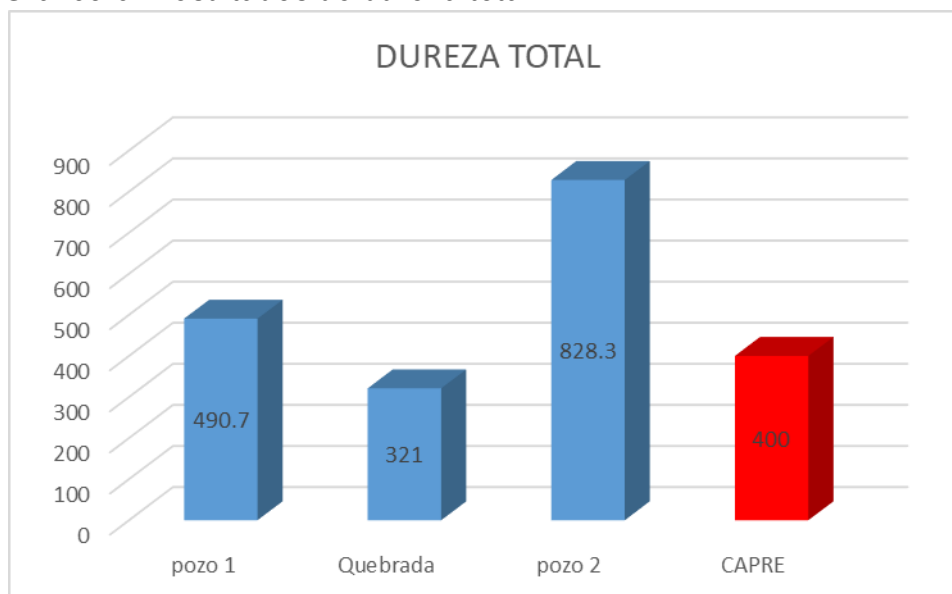


Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

En el grafico se observa que las muestras de aguas subterráneas se encuentran dentro del rango que establece la norma, sin embargo, la muestra de la quebrada supera este límite con un valor de 5.65 UNT,

• Dureza total

Gráfico 6: Resultados de dureza total



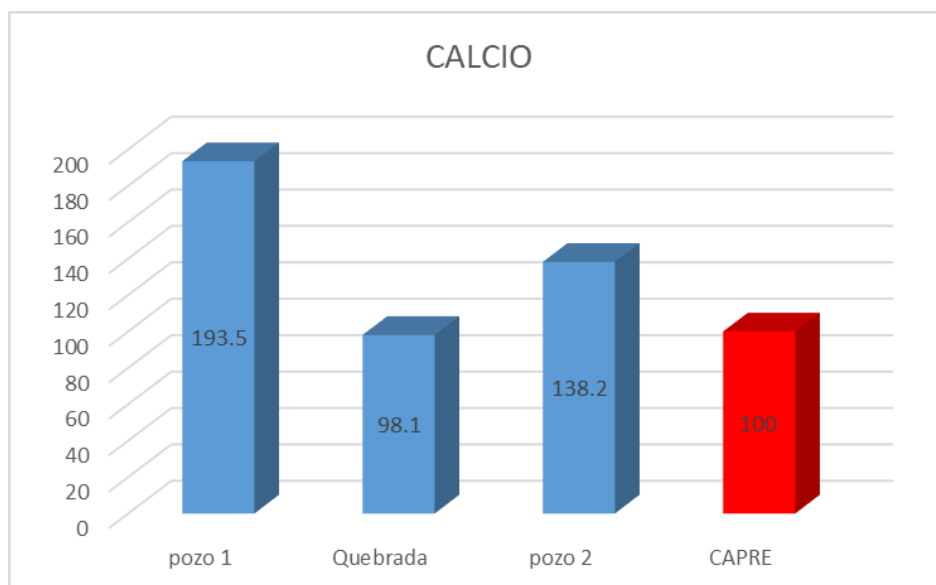
Los valores de dureza en los pozos se encuentran por encima del valor recomendado por la normativa (400 mg/L CaCO₃). El pozo 2 presenta el valor más alto de dureza, esto se atribuye a una mayor presencia de minerales.

La quebrada se encuentra por debajo del valor recomendado.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

- Calcio

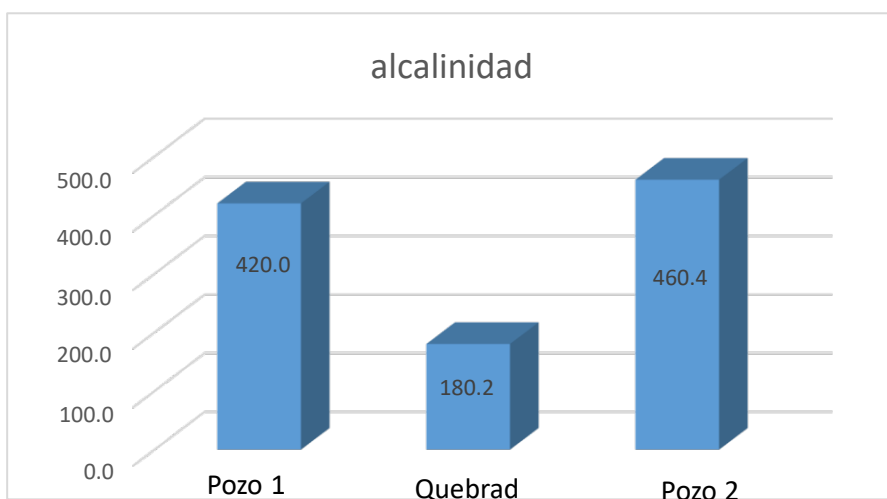
Gráfico 7: Resultados de Calcio



Los niveles de calcio en los pozos están por encima del valor recomendado (100 mg/L CaCO_3), a diferencia de la quebrada que se encuentra levemente por debajo de este rango

- Alcalinidad

Gráfico 8: Resultados de alcalinidad

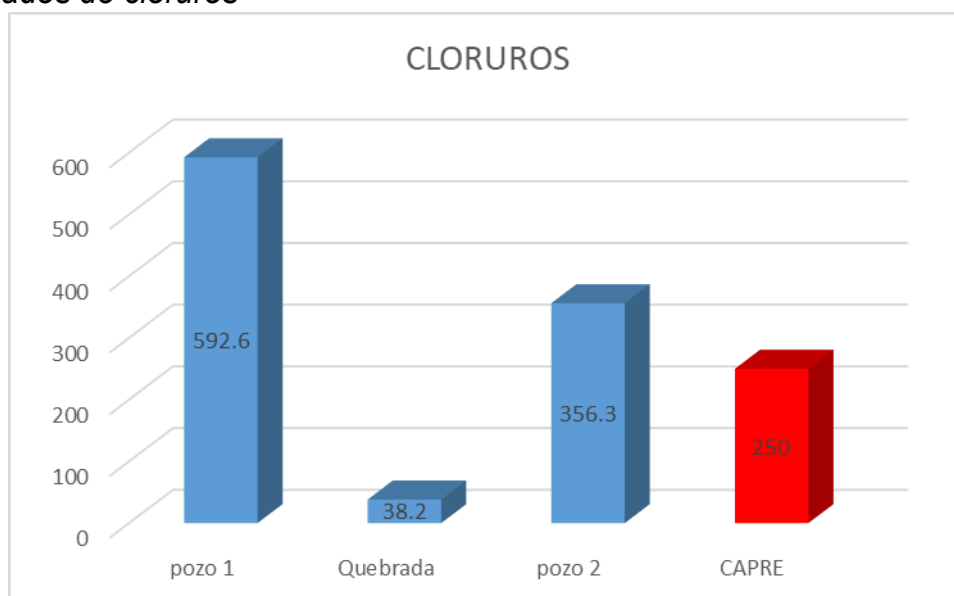


Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

La normativa CAPRE no establece un valor máximo permisible para la alcalinidad, sin embargo, de acuerdo con referencias internacionales (OMS, 2017; APHA, 2017), las aguas naturales suelen presentar valores comprendidos entre 30 y 500 mg/L como CaCO_3 , sin representar riesgo sanitario. En este contexto, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango común para aguas naturales.

- Cloruros

Gráfico 9: Resultados de cloruros



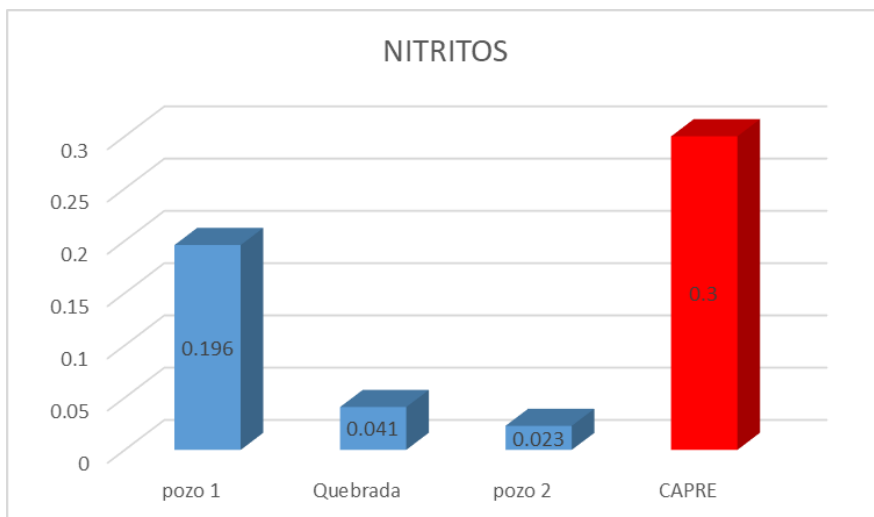
De acuerdo con los resultados obtenidos, las muestras de ambos pozos superan el límite de 250 mg/L que establece la norma. Estos niveles elevados de cloruros pueden deberse a infiltración de residuos o características naturales del suelo.

La quebrada se encuentra dentro del límite, en cuanto al parámetro de cloruros.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

• Nitritos

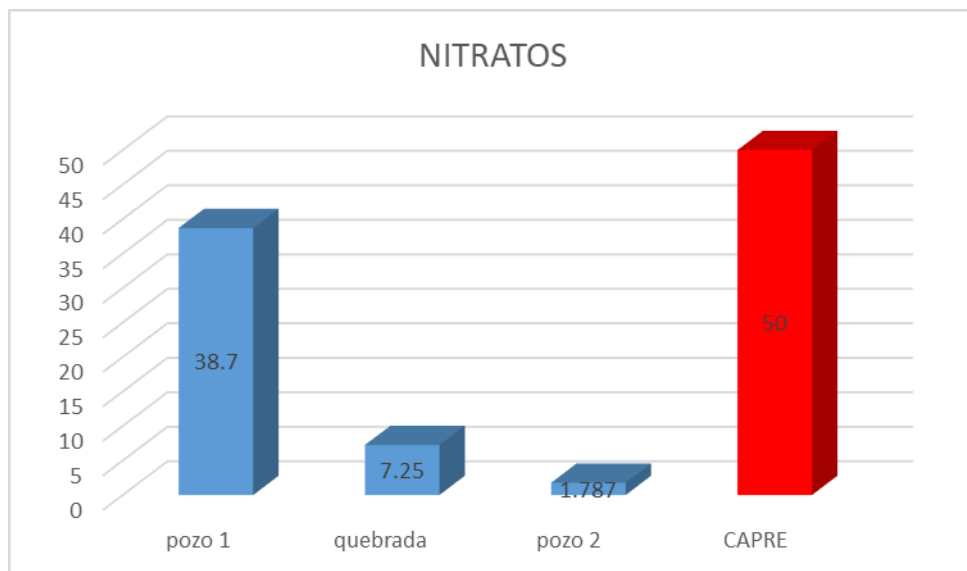
Gráfico 10: Resultados de nitritos



Todas las fuentes se encuentran por debajo del rango permitido, estos resultados reflejan una buena calidad de agua con respecto a los nitritos y no representan problemas para la salud.

• Nitratos

Gráfico 11: Resultados de nitratos

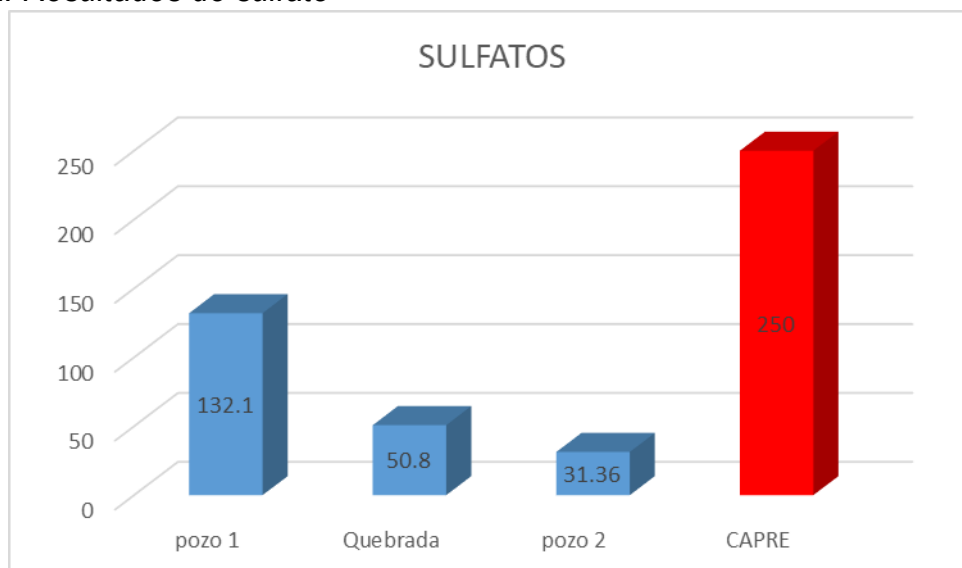


Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

Las tres fuentes de agua presentan concentraciones de nitratos por debajo del límite establecido por la norma CAPRE. El pozo 1 es la fuente con mayor concentración de nitratos, pero aun esta apta para el consumo humano en este parámetro.

- Sulfato

Gráfico 12: Resultados de sulfato

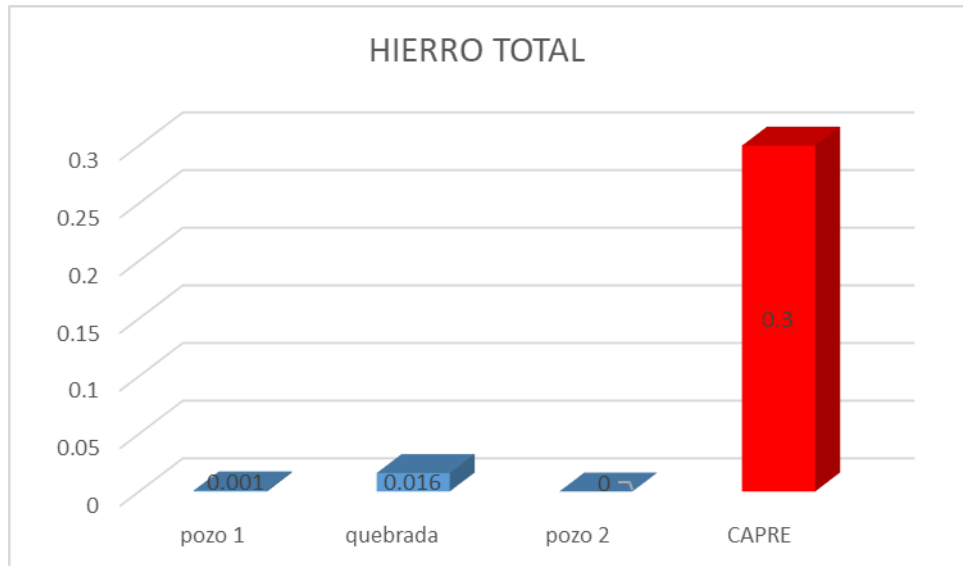


Según los valores obtenidos las tres fuentes de agua se encuentran por debajo del límite establecido, cumpliendo en este parámetro lo que indica la norma, de tal manera que no afectan significativamente en la salud.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

• Hierro total

Gráfico 13: Resultados de hierro total



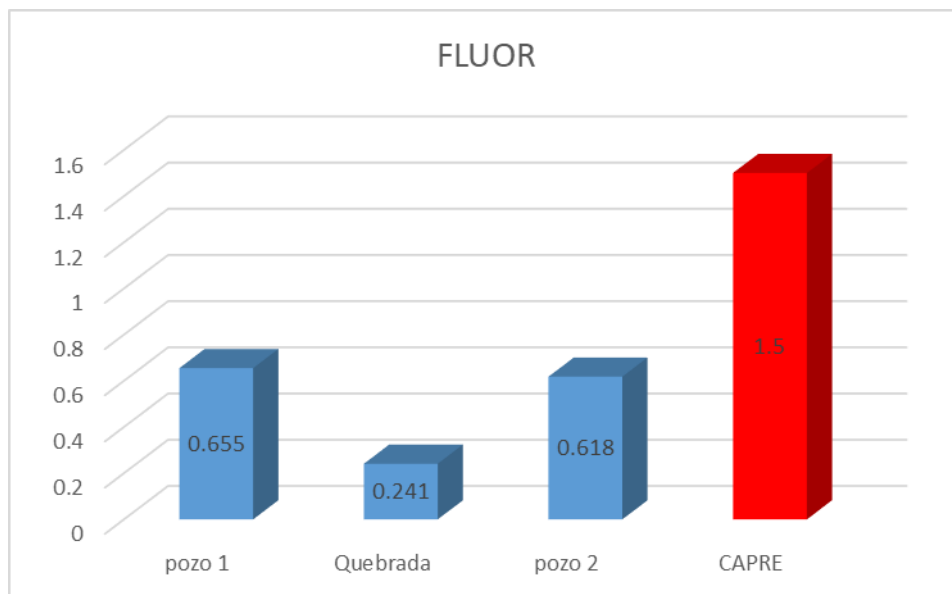
Los tres valores se encuentran muy por debajo del límite permitido, lo que indica que no existe un problema de contaminación por hierro en ninguna de las fuentes evaluadas.

El resultado de la fuente 3 con 0 mg/L es ideal y refleja la ausencia total de hierro. Las otras dos fuentes también presentan concentraciones mínimas que son naturales y no afectan la potabilidad.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

• Flúor

Gráfico 14: Resultados de flúor

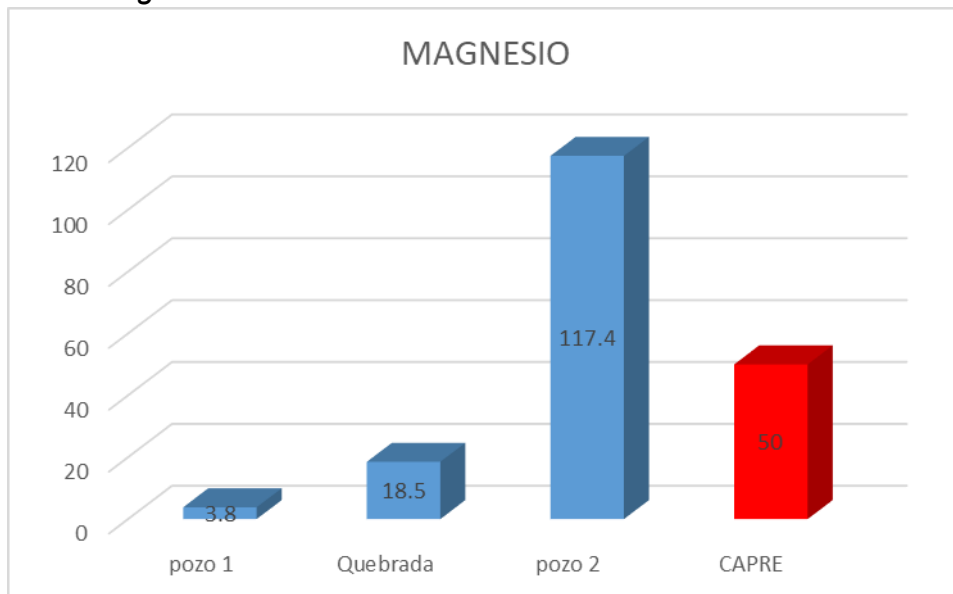


Los resultados de las tres fuentes se encuentran por debajo del rango establecido por la norma, lo que significa que no el agua no representa riesgos asociados a la exposición prolongada a este elemento.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

- Magnesio

Gráfico 15: Resultados de magnesio

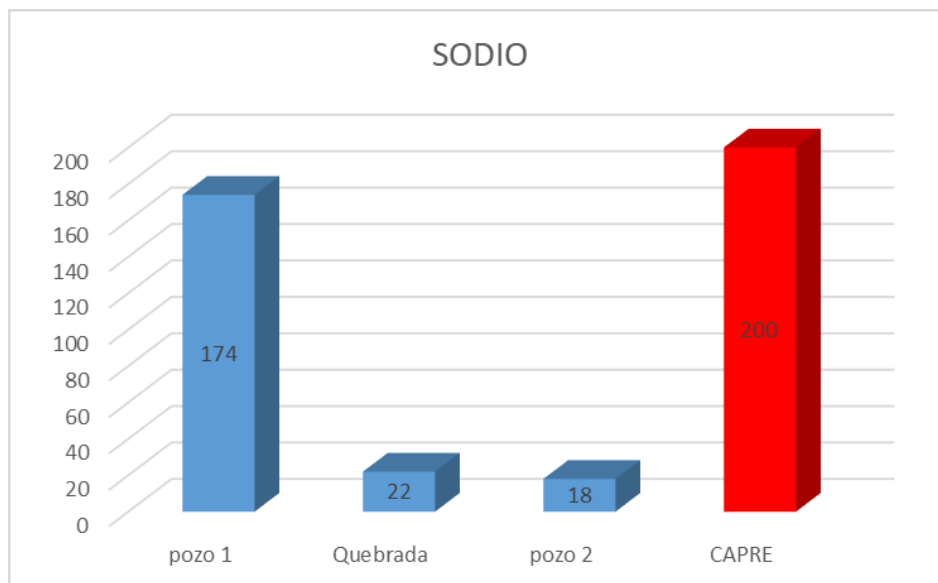


El pozo 1 y la quebrada presentan concentraciones de magnesio muy por debajo del límite permitido. El pozo 2 presenta un valor que supera significativamente el valor máximo admisible de 50mg/L establecido por la normativa, este nivel elevado podría estar relacionado con la posible presencia de rocas ricas en magnesio y contribuye así a la dureza del agua.

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

• Sodio

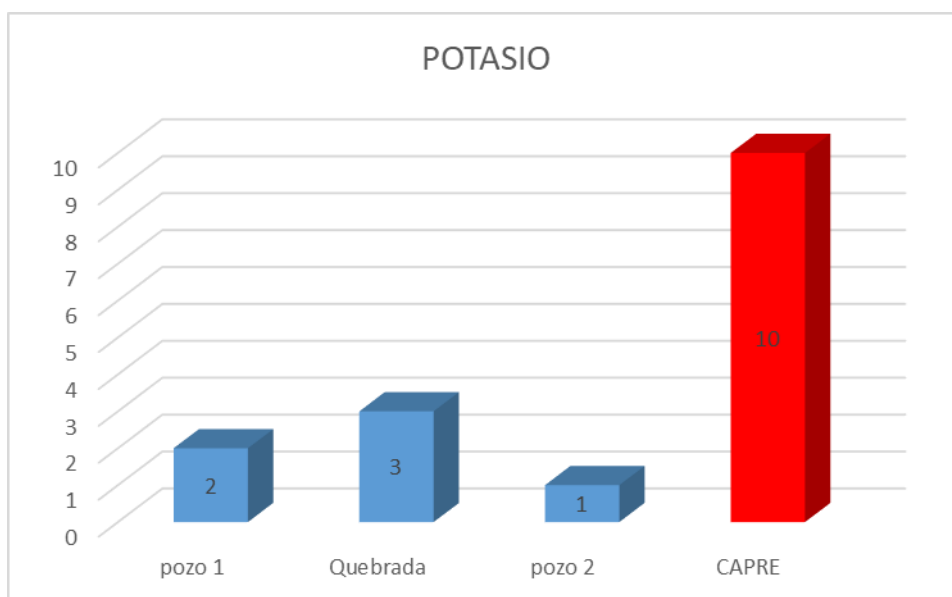
Gráfico 16: Resultados de sodio



Las tres fuentes cumplen con la normativa CAPRE. La fuente 1 (Pozo 1) presenta el valor más alto de sodio, pero todavía se encuentra dentro del límite permitido.

• Potasio

Gráfico 17: Resultados de potasio



Los valores de potasio obtenidos son muy bajos en comparación con el límite permitido, lo que es completamente aceptable y seguro para el consumo, además no afectan las propiedades organolépticas del agua.

5.3 Comparación entre las muestras

Los resultados obtenidos muestran diferencias entre las tres fuentes de agua. El pozo 1 presenta una conductividad eléctrica de 1563 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la más alta entre las fuentes, lo que refleja una elevada concentración de sales disueltas, principalmente cloruros (592.6 mg/L), sodio (174 mg/L), dureza total (490.7 mg/L) y alcalinidad (420 mg/L). Estos valores sugieren una posible contaminación por actividades agropecuarias cercanas, como criaderos de cerdos y aves, además se ve agravado por el hecho de que el pozo es poco profundo (6.64m) y se encuentra descubierto, lo que permite la filtración de contaminantes superficiales.

La quebrada mostro una conductividad más baja (360.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$), así como niveles más bajos de cloruro, sodio, nitratos y sulfatos, lo que indica una baja salinidad y carga iónica. Sin embargo, presento valores elevados de turbidez (5.65 UNT) y color (31.266 Pt-Co), indicadores de posible contaminación superficial por sedimento o materia orgánica. De igual manera al pozo 1 no se recomienda consumo directo sin tratamiento previo.

El pozo 2, con una profundidad de 10 metros, mostro una calidad más estable en cuanto a presencia de contaminantes orgánicos, pero se caracterizó por tener la dureza más alta (828.3 mg/L) y una conductividad de 987.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$, además con altos niveles de cloruros (356.3 mg/L) y magnesio (117.4 mg/L), lo cual indica una fuente altamente mineralizada. A pesar de esto, presento bajas concentraciones de nitritos, nitratos, sodio y sulfatos, así como una turbidez prácticamente nula, lo que nos sugiere que la mineralización es de origen geológico y no necesariamente causado por contaminación antropogénica. Aunque químicamente es más estable que el pozo 1, el exceso de sales lo vuelve no apto para el consumo humano sin tratamiento.

Los parámetros que corresponden a temperatura, pH, nitratos, nitritos hierro flúor, sulfatos sodio y potasio sus valores están dentro de lo establecido por la norma CAPRE.

6. Conclusión

En el presente estudio se evaluó la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en la comunidad de Apompua, ubicada al sur de sébaco, durante el periodo de septiembre a diciembre del año 2024. Para ello, se analizaron tres fuentes de agua: dos pozos y una quebrada, determinando una serie de parámetros fisicoquímicos clave que incluyeron temperatura, pH, conductividad eléctrica, turbidez, dureza total, calcio, alcalinidad, cloruros, nitritos, nitratos, sulfatos, hierro total, flúor, magnesio, sodio y potasio.

Al comparar los resultados con los límites establecidos por la normativa CAPRE, se concluye que de los 17 parámetros analizados a cada fuente de agua los resultados obtenidos fueron los siguientes: pozo 1 el 76.5% de los parámetros analizados cumplen con los establecidos por la norma, la quebrada cumple con el 88.2 % y el pozo 2 cumple con el 64.7%. Esto indica que ninguna de las tres fuentes evaluadas sus aguas son aptas para consumo humano al consumirla de manera directa. Aunque se le puede dar otros usos, como riego y agua doméstico.

Al compararlas entre sí, se evidencio que, aunque se encuentran en una misma zona geográfica, presentan comportamientos diferentes en cuanto a su calidad, lo que resalta la influencia de factores específicos que pueden ser derivados de la actividad humana como la industria agrícola o geológica como el tipo de suelos. Estos resultados destacan la importancia de realizar estudios locales y continuos, para una mejor gestión de los recursos hídricos en las comunidades, además garantizar la calidad de vida de las comunidades que hacen uso de estas fuentes.



Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

7. Recomendaciones

- Cubrir de manera hermética el pozo 1, su exposición directa al ambiente lo expone a la contaminación por residuos sólidos, animales y otros contaminantes
- Implementar sistemas de tratamiento de agua antes de su consumo humano, como su filtración y cloración, especialmente en la quebrada y el pozo 1
- Monitorear periódicamente la calidad fisicoquímica del agua, al menos dos veces al año, para así evitar el consumo de agua contaminada

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

8. Referencias bibliográficas

- Abreu, J., y Chen, W. (2014). *Fotometria de llama*. Laboratorio de química analítica: <https://www.geocities.ws/chex88chex/analitica/FotometriaLlama.pdf>.
- Acacio, N., Cancino, J., y Molina, M. (19 de mayo de 2018). *google academico*. Fundacion universidad de america: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=tesis+de+caracterizaci%C3%B3n+de+los+par%C3%A1metros+fisicoqu%C3%ADmicos+de+aguas+subterr%C3%A1neas&btnG=#d=gs_qabs&t=1712544581699&u=%23p%3DYBaIX-z_iNcJ.
- Basulto, J. (17 de diciembre de 2014). Agua dura, ¿Agua mas sana?: https://www.larayadelpalancar.com/Agua_dura.pdf.
- CAPRE. (1993). *Normas de calidad para agua potable en centroamerica (1ra ed)*. Comision de agua potable y alcantarillado de la region centroamericana: https://www.ipsa.gob.ni/Portals/0/1%20Inocuidad%20Alimentaria/Normativas%20Generales/ACTUALIZACION%20051217/Normas_oficiales_para_la_calidad_del_agua_nicaragua.pdf.
- Espinoza, R., López, K., & Téllez, C. (2007). *Calidad fisicoquímica de las aguas de pozos perforados de la comarca Chacraseca, Leon*. Repositorio unan leon: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4515/1/201009.pdf>.
- Fernandez, A. (16 de octubre de 2012). *El agua: un recurso esencial*. QuímicaViva: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Hermann, E., y Prunes, E. (27 de marzo de 2022). *Worldwildlife*. ¿Que es el agua subterranea y por que es tan importante?: <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/que-es-el-agua-subterranea-y-por-que-es-tan-importante>
- Lacayo, R. (03 de Noviembre de 2021). *Diseño de sistemas de abastecimiento. Agua potable*. Norma NTOON 09 007-19: http://www.inaa.gob.ni/sites/default/files/inline-files/NORMA_NTON%2009%20007-19_c.pdf
- Marin Galvin, R. (s.f.). *Características físicas, químicas y biológicas de las aguas*. EMACSA: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57251439/componente48099-libre.pdf?1535345632=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCARACTERISTICAS_FISICAS_QUIMICAS_Y_BIOLO.pdf&Expires=1740281115&Signature=ERZBeljOOsV3sJm8~PQb6HKCRh4oCPbp4rbLa4EqfqMejU
- Nicaragua, A. n. (2007). *Ley general de aguas nacionales*. Ley 620: [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/C0C1931F4480A55062573760075BD4B](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/C0C1931F4480A55062573760075BD4B)
- Olsen, R., Washburn, C., Hendricks, D., y Nummer, B. (2024). *Agua: almacenamiento y uso en emergencias*. Extension Preserve the Harvest : https://extension-usu-edu.translate.goog/preserve-the-harvest/research/storing-water?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=sge#:~:text=D%C3%B3nde%20almacenar%20agua,agua%20y%20tr%C3%A1tela%20como%20antes

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

Ortega, B., Ruiz, G., y Torrez, S. (2012). *Control de calidad de agua de pozo, La Ceiba, Leon-Junio 2012*.

Repositorio

Unan

Leon:

<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/5717/1/222174.pdf>

Quino, I., Quintanilla, J., Garcia, M., y Caceres, L. (2006). *Determinacion de la calidad fisicoquimica de las aguas subterraneas en la region norte y este del lago Poopò*. Scielo, Revista Boliviana de Quimica:

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602006000100010&script=sci_arttext

Rothschuh, U. (10 de Junio de 2022). *Ecologia verde*. Que son aguas superficiales: definicion y ejemplos:

<https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-superficiales-definicion-y-ejemplos-3944.html>

Salud, O. O. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. cuarta edicion que se incorpora la primera adenda (4a ed + 1a adenda): <https://iris.who.int/handle/10665/272403>

Salud, O. O. (2022). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. cuarta edicion que incorpora la primera adenda : <https://iris.who.int/handle/10665/272403>

Seva, C. (2012). *Introduccion al analisis Volumetrico*. Analisis quimico : <https://www.um.es/documents/4874468/11830096/tema-4.pdf/0ef11661-8d05-43e3-8edb-10b8bc21351b#:~:text=DEFINICI%C3%93N%20DE%20AN%C3%81LISIS%20VOLUM%C3%89TRICO&text=%2D%20Las%20valoraciones%20gravim%C3%A9tricas%20se%20diferencian, trav%C3%A9s%20de%20un%20agit>

Shirley, D. (2014). *Libros. La tierra y la importancia del agua*: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=RWFxDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=importancia+del+agua&ots=PKJQeOU6k0&sig=onM0ZLaexXg1izurpTQK1Rk9KiU#v=onepage&q&f=false>

SLAB . (2022). *Laboratorios de ensayo e investigacion* . analisis de agua, importancia y tipos de agua sujetas a analisis : <https://search.app/rHyefBWMA5v2CMAd7>

Technologies, A. (2016). *Academic & Institutional Research*. Fundamentos de espectroscopia atomica: https://www.agilent.com/cs/library/eseminars/public/5991-6593_Agilent_Atomic_Spectroscopy_Hardware_ES.pdf

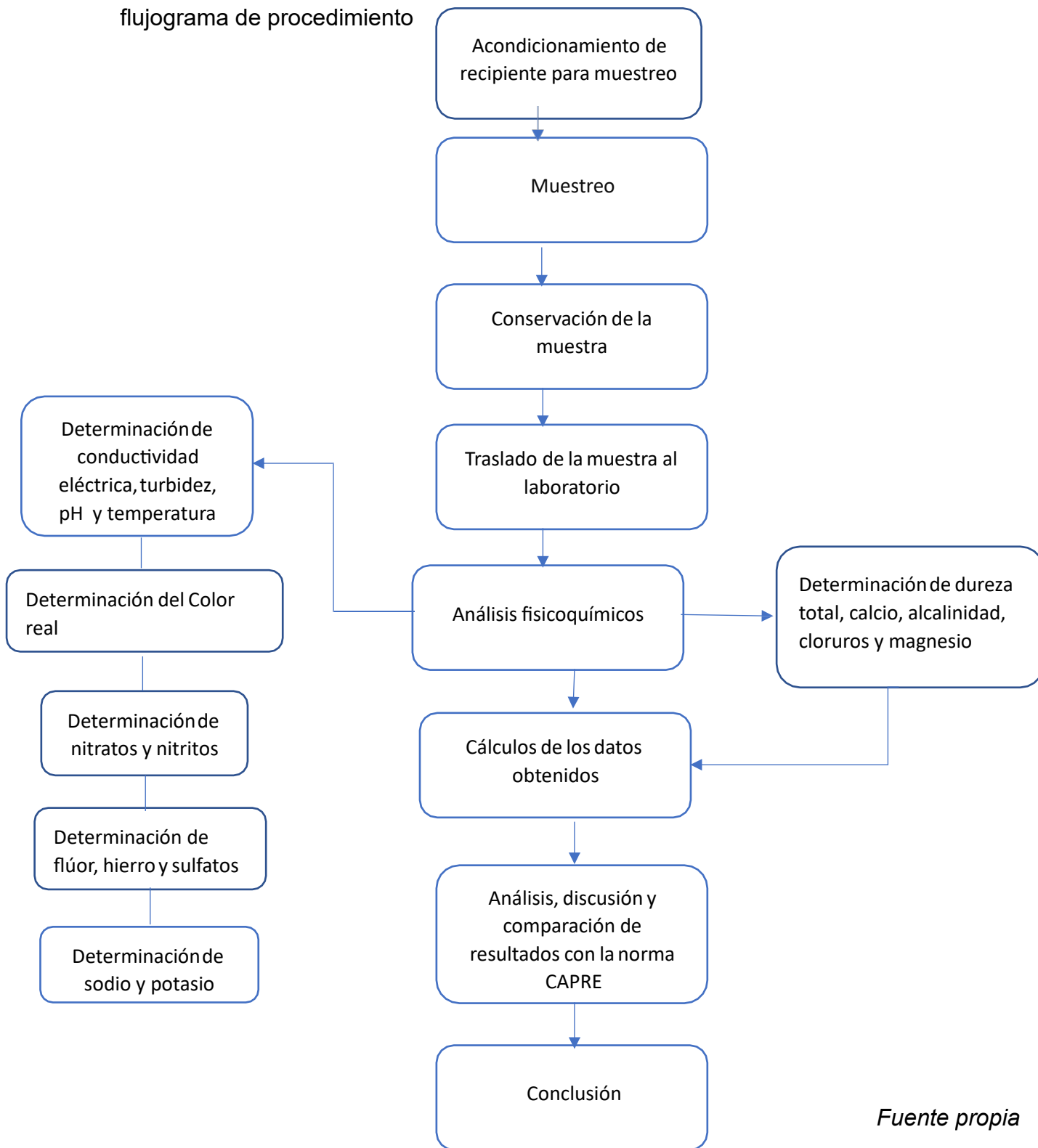
todoagua. (27 de Diciembre de 2021). Tipos de aguas en la tierra: https://www.todoagua.es/tipos-de-aguas/?srsltid=AfmBOoo_FFC780tgxPGKPPpnzKnqGEzDpUwksUvWRh6xJsT9IWXT7KR1

Valdivielso, A. (2023). *¿Qué son las aguas subterráneas?* ¡Agua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-subterraneas>

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

Anexos

flujograma de procedimiento



Fuente propia

1- Fuentes

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

Pozo 1



Quebrada



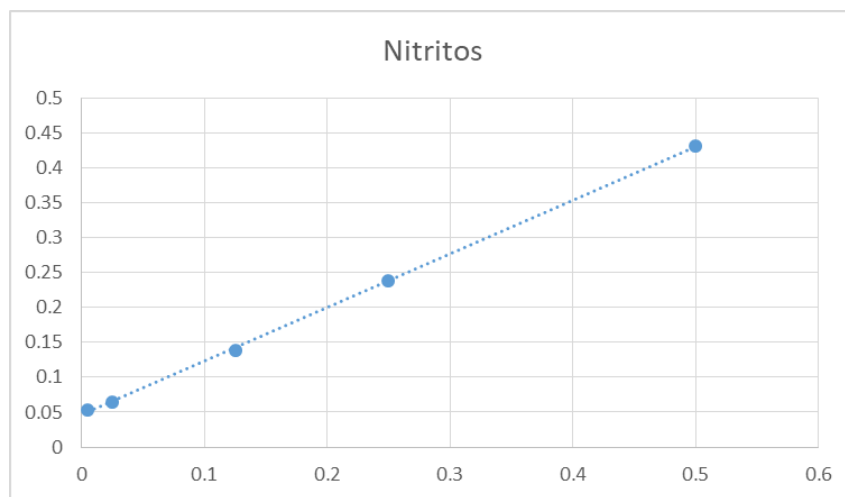
Pozo 2

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química



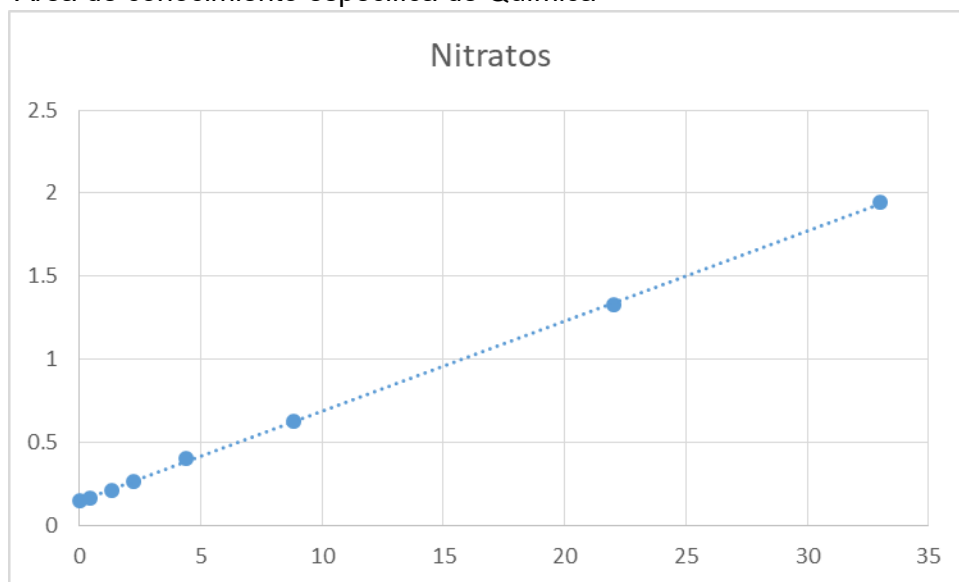
2- Curvas de calibración

Curva de calibración Nitritos NO ₂	
abs	conc
0.054	0.0050
0.065	0.025
0.139	0.125
0.238	0.250
0.431	0.500
R ₂	0.9999



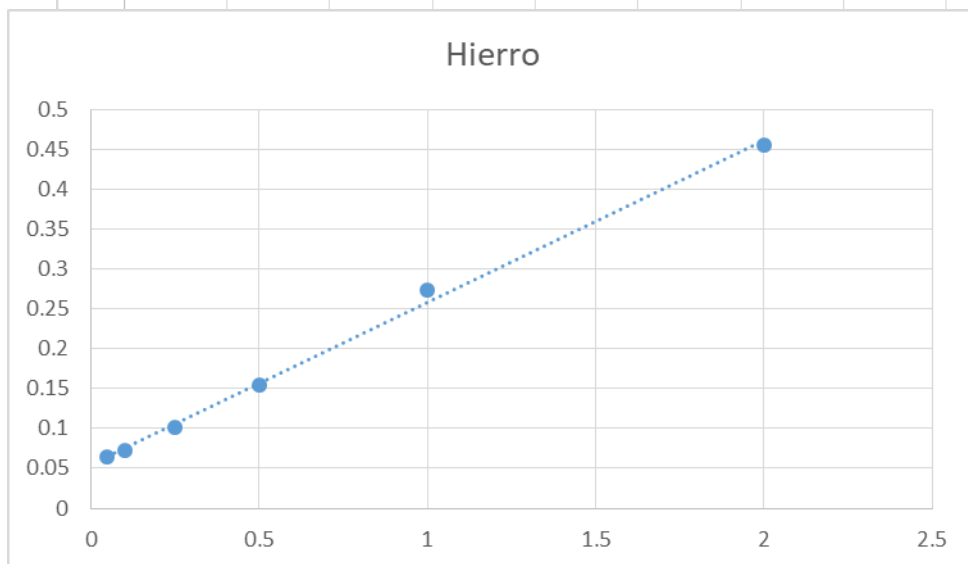
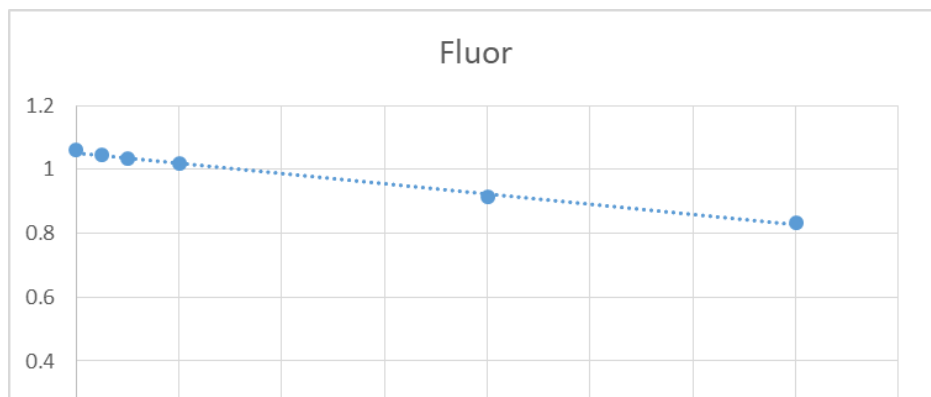
Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sébaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología
Área de conocimiento específica de Química

Curva de calibración Nitritos NO ₃	
abs	conc
0.153	0
0.167	0.44
0.214	1.32
0.263	2.2
0.401	4.4
0.630	8.8
1.346	22
1.945	33
R ₂	0.9999



Curva de calibración Flúor F ⁻	
abs	conc
1.060	0.0
1.047	0.05
1.033	0.1
1.018	0.2
0.914	0.8
0.834	1.4
R ₂	-0.997

Curva de calibración Hierro Fe ²⁺	
abs	conc
0.064	0.050
0.073	0.100
0.101	0.250
0.154	0.500
0.273	1
0.455	2
R ₂	0.998

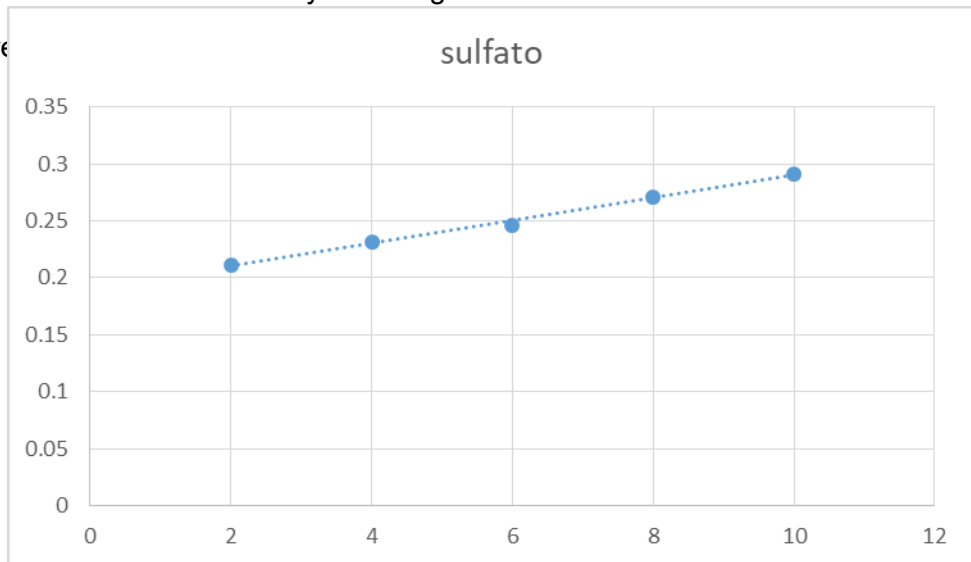


Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sebaco, Matagalpa

Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología

Curva de calibración Sulfato SO ₄	
abs	conc
0.125	10
0.162	15
0.223	20
0.266	25
0.320	30
0.367	35
0.408	40
R ₂	0.998

Área



3- Volúmenes gastados en Alcalinidad, dureza total, calcio y cloruros

Muestra	Alcalinidad	Dureza Total	Calcio	Cloruros
Pozo la lolita	21	24.9	24.1	59.3
Quebrada la china	9	16	12.2	3.8
Pozo las tres banderas	23	41.3	17.2	35.7

4- Cálculos de alcalinidad, dureza total, magnesio, calcio y cloruros

Alcalinidad

$$\text{Pozo 1 } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ CaCO}_3 = \frac{(21 \times 0.02 \times 50.04 \times 1000)}{50} = 420$$

$$\text{mg} \quad (9 \times 0.02 \times 50.04 \times 1000)$$

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sebaco, Matagalpa

Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología

$$\text{Quebrada } \text{CaCO}_3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{(21 \times 0.02 \times 1000 \times 50.04)}{50} = 18.1$$

$$\text{Pozo 2 } \text{CaCO}_3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{(23 \times 0.02 \times 1000 \times 50.04)}{50} = 460.4$$

Área de conocimiento específica de Química

Dureza total

$$\text{Pozo 1 } \text{CaCO}_3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{(24.9 \times 0.02 \times 1000 \times 50.04)}{50} = 490$$

$$\text{Quebrada } \text{CaCO}_3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{(16 \times 0.02 \times 1000 \times 50.04)}{50} = 321.$$

$$\text{Pozo 2 } \text{CaCO}_3 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{(41.3 \times 0.02 \times 1000 \times 50.04)}{50} = 826.6$$

Calcio

$$\text{pozo 1 Ca } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3 = \frac{24.1 \times 0.02 \times 1000 \times 20.04}{50} = 193.5$$

$$\text{Quebrada Ca } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3 = \frac{12.20.02 \times 1000 \times 20.04}{50} = 98.1$$

$$\text{Pozo 2 Ca } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3 = \frac{17.2 \times 0.02 \times 1000 \times 20.04}{50} =$$

138.2

Evaluación de la calidad fisicoquímica de aguas subterráneas y agua superficial en una comunidad rural al sur de Sebaco, Matagalpa
Área de conocimiento de Ciencia y Tecnología

Magnesio

$$\text{Pozo 1 } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ Mg}^{2+}: \frac{(24.9 - 24.1) \times 1000 \times 12.16 \times 0.02}{50} = 3.8$$

$$\text{Quebrada } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ Mg}^{2+}: \frac{(16 - 12.2) \times 1000 \times 12.16 \times 0.02}{50} = 18.5$$

$$117.4 \text{ Pozo 2 } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ Mg}^{2+}: \frac{(41.3 - 17.2) \times 1000 \times 12.16 \times 0.02}{50} =$$

Cloruros

$$\text{Pozo 1 Cl } \frac{\text{mg}}{\text{L}}: \frac{59.3 \times 0.0141 \times 35450}{50} = 592$$

Área de conocimiento específica de Química

$$\text{Quebrada } \frac{\text{mg}}{\text{L}}: \frac{3.8 \times 0.0141 \times 35450}{50} = 38$$

$$\text{Pozo 2 Cl } \frac{\text{mg}}{\text{L}}: \frac{35.7 \times 0.0141 \times 35450}{50} = 356$$