



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA QUÍMICA

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MINERAL EN LA
COMUNIDAD SANTA TERESITA PARA CONSUMO HUMANO”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar por el grado académico de:

QUÍMICA

AUTORA: YAJAIRA MICHELLE APUPALO CAMACHO

DIRECTORA: Dra. MAGDY MILENI ECHEVERRIA GUADALUPE, PhD.

Riobamba-Ecuador

2023

©2023, Yajaira Michelle Apupalo Camacho

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

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

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

Riobamba, 25 de agosto del 2023

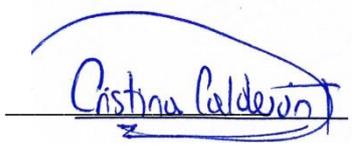
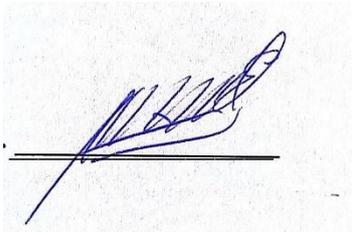


Yajaira Michelle Apupalo Camacho

180421081-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MINERAL EN LA COMUNIDAD SANTA TERESITA PARA CONSUMO HUMANO**”, realizado por la señorita: **YAJAIRA MICHELLE APUPALO CAMACHO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su representación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-08-25
Dra. Madgy Mileny Echeverría Guadalupe PhD. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-08-25
Ing. Norma Soledad Erazo Sandoval MSc. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-08-25

DEDICATORIA

Desde el fondo de mi corazón esta investigación se la dedico a Dios por brindarme salud y vida para culminar esta bonita etapa de mi vida, a mi madre Lourdes que es la persona más incondicional que tengo en la vida a pesar de la distancia siempre ha sabido guiarme y apoyarme en todo momento, sin ella nada de esto sería posible. A Mariana quien es mi segunda madre que con todo el amor supo bríndame el calor de un hogar y el valor de una familia gracias por todo mamita y a ti papá, mi ángel de luz, mi querido Manuel quien me apoyo desde pequeña, tus valores y enseñanzas han formado a la persona que soy hoy en día.

Yajaira

AGRADECIMIENTO

Es increíble todas las personas que han sido participes en mi vida universitaria, un camino lleno de ilusiones y dificultades, que con todo el apoyo de las personas que dios puso en mi camino llega a su fin. Agradezco a mis amigos que con palabras de aliento han sabido brindarme su apoyo y no dejarme caer. A todas las personas con las cuales pude compartir momentos de vida. A mi mascota shaggy quien es muy importante para mí, que siempre está conmigo alegrando mi vida ha sido mi compañía más valiosa y sobre todo a quienes son mi razón de ser; mis abuelos mi madre y mi hermano quienes con su apoyo y amor me ayudaron a llegar a esta instancia de mi vida.

Yajaira

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Limitaciones y delimitaciones	2
1.2. Problema general de investigación	3
1.3. Problemas específicos de investigación.....	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.5. Justificación.....	3
1.5.1. <i>Justificación teórica</i>	3
1.5.2. <i>Justificación metodológica</i>	4
1.5.3. <i>Justificación práctica</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Bases teróricas.....	6
2.2.1. <i>Agua</i>	6
2.2.1.1. <i>Importancia del agua</i>	6
2.2.1.2. <i>Agua mineral</i>	7
2.3. Bases conceptuales	6
2.3.1. <i>Parámetros de la calidad de agua mineral</i>	17
2.3.1.1. <i>Parámetros químicos</i>	17
2.3.1.2. <i>Parámetros físicos</i>	17

2.3.1.3.	<i>Parámetros microbiológicos</i>	17
2.3.2.	<i>Calidad del agua mineral</i>	18
2.3.3.	<i>Calidad de agua mineral microbiológica</i>	18
2.3.4.	<i>Metales pesados en el agua mineral</i>	19
2.3.5.	<i>Proceso de embotellamiento de agua mineral</i>	20
2.3.6.	<i>Parámetros que determinan la calidad del agua mineral en el Ecuador</i>	22
2.4.	Técnicas de muestreo	23
2.4.1.	<i>Muestras compuestas</i>	23
2.4.2.	<i>Muestra instantáneas</i>	24
2.4.3.	<i>Equipo de muestreo</i>	24
2.4.4.	<i>Muestreo</i>	24
2.4.5.	<i>Tipo de muestreo</i>	24
2.4.6.	<i>Muestras puntuales</i>	24
2.4.7.	<i>Muestras periódicas</i>	24
2.5.	Base legal	25

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA	27
3.1.	Enfoque de la investigación	27
3.2.	Nivel de investigación	27
3.3.	Diseño de investigación	27
3.4.	Hipótesis de las variables:	27
3.5.	Tipo de Estudio	28
3.6.	Población y muestra	29
3.6.1.	<i>Población</i>	29
3.6.2.	<i>Muestras</i>	29
3.7.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	31
3.7.1.	<i>Análisis físico de la muestra</i>	31
3.7.1.1.	<i>Conductividad eléctrica</i>	31
3.7.1.2.	<i>Temperatura</i>	32
3.7.1.3.	<i>Solidos Disueltos Totales o TDS</i>	33
3.7.2.	<i>Análisis químico de la muestra</i>	35
3.7.2.1.	<i>pH</i>	35
3.7.2.2.	<i>Determinación de Ba, Cu, Pb, Mn y Cd por el método de AAS</i>	35
3.7.2.3.	<i>Determinación de Sb, As, Cr, Ni, Se por el método AAS en horno de grafito.</i>	45
3.7.2.4.	<i>Determinación de B, Cn, F, NO2 y NO3 por espectrofotometría UV-VIS</i>	49

3.7.3.	<i>Parámetros microbiológicos</i>	52
--------	---	----

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
4.1.	Parámetros físicos	57
4.2.	Parámetros químicos	61
4.3.	Parámetros microbiológicos	62
4.4.	Discusión	65

CAPITULO V

5.	MARCO PROPOSITIVO	68
5.1.	Propuesta	68

	CONCLUSIONES	70
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	71
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Criterios internacionales para la determinación del tipo de agua mineral	9
Tabla 2-2:	Componentes químicos usuales en el agua mineral	15
Tabla 2-3:	Límites permisibles de los componentes en el agua mineral.	25
Tabla 2-4:	Límites permisibles de microorganismo en el agua mineral.	25
Tabla 3-1:	Lecturas de conductividad para las muestras de agua	32
Tabla 3-2:	Lecturas de temperatura para las muestras de agua.	33
Tabla 3-3:	Lecturas de TDS para las muestras de agua	34
Tabla 3-4:	Lecturas de pH para las muestras de agua	35
Tabla 3-5:	Elementos analizados según espectrometría de absorción atómica.	44
Tabla 3-6:	Elementos analizados por el método AAS en horno de grafito.	48
Tabla 3-7:	Elementos analizados según método UV-VIS	51
Tabla 4-1:	Estadísticas de parámetros físicos	57
Tabla 4-2:	Correlación de Pearson con respecto a los parámetros físicos.	58
Tabla 4-3:	Permisibilidad de elementos químicos de las muestras	61
Tabla 4-4:	Determinaciones microbiológicas del agua mineral	62

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Proceso de formación geo hídrica del agua mineral	8
Ilustración 2-2:	Proceso para el rastreo y manejo de metales pesados en el agua mineral	19
Ilustración 2-3:	Proceso de purificación del agua mineral	22
Ilustración 3-1:	Fuente de agua. Punto de muestreo	29
Ilustración 3-2:	Diagrama de recolección de la muestra poblacional.....	30
Ilustración 3-3:	Determinación de la conductividad	32
Ilustración 3-4:	Determinación de la temperatura.....	32
Ilustración 3-5:	Proceso de determinación del pH.	35
Ilustración 3-6:	Espectrofotómetro de Absorción Atómica.....	36
Ilustración 3-7:	Preparación de estándares de cobre.	38
Ilustración 3-8:	Preparación de estándares de plomo.....	38
Ilustración 3-9:	Preparación de estándares de manganeso.	39
Ilustración 3-10:	Preparación de estándares de bario.....	40
Ilustración 3-11:	Preparación de estándares de cadmio.	40
Ilustración 3-12:	Preparación de estándares de control de la digestión.....	41
Ilustración 3-13:	Procedimiento de análisis de espectrometría de absorción atómica.	42
Ilustración 3-14:	Procesamiento de datos y resultados del método AAS.....	43
Ilustración 3-15:	Equipo de Espectrofotómetro de Absorción Atómica.....	45
Ilustración 3-16:	Determinación de muestras de metales a través de espectrofotometría.	46
Ilustración 3-17:	Desglose de etapas del proceso de espectrofotometría.	47
Ilustración 3-18:	Desglose de etapas del proceso de espectrofotometría UV-VIS.	50
Ilustración 4-1:	Parámetros físicos por mes.....	59
Ilustración 4-2:	Parámetros físicos por muestra.....	60

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

TDS	Sólidos disueltos totales
AAS	Espectrometría de absorción atómica
UFC	Unidad formadora de colonia
pH	Potencial de hidrógeno
°C	Grados Centígrados
SDT	Sólidos Disueltos Totales
mg/l	Miligramos por litro
µS/cm	Microsiemens por centímetro
mL	Mililitros
nm	Nanómetros
NMP	Número más probable
OMS	Organización Mundial de la Salud

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: VERTIENTE DE AGUA MINERAL COMUNIDAD SANTA TERESITA

ANEXO B: CERCANO

ANEXO C: EQUIPOS DE MEDICIÓN MULTIPARÁMETRO

ANEXO D: MEDICIÓN PH, TEMPERATURA, TDS, CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

ANEXO E: PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA LOS METALES

ANEXO F: FILTRACIÓN POR MEMBRANA DE LAS MUESTRAS DE AGUA

RESUMEN

El presente trabajo cuyo objetivo es evaluar los parámetros físicos químicos y microbiológicos del agua mineral para consumo humano en la Comunidad Santa Teresita de la Reserva de Producción Fauna Chimborazo perteneciente a la parroquia San Juan, provincia de Chimborazo para lo cual se determina el muestreo en la fuente de agua en dos épocas lluviosa (junio) y seca (julio) bajo la norma NTE INEN 2176 técnicas de muestreo y la norma NTE INEN 2169:98 manejo y conservación de las muestras. Se determinaron los parámetros físicos (temperatura, conductividad, sólidos totales, ph) ,químicos (Antimonio, Arsénico, Bario, Borato, Cadmio, Cromo, Cobre, Cianuro, Fluoruro, Plomo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Nitrate, Nitrito, Selenio), y microbiológicos (*Escherichia coli*, *Bacterias coliformes totales*, *Streptococos Fecales*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacterias anaerobias reductoras de sulfito*) bajo la norma NTE INEN 2179:2011 “Aguas minerales” y métodos estandarizados como Standar Methods of Examination of Waters, insitu, filtración por membrana. La conductividad y sólidos disueltos cumplen con el requerimiento en su totalidad, mientras que la temperatura y pH muestran valores inferiores al límite permitido. Los elementos químicos como el Antimonio, Borato, Cadmio, Cromo, Níquel sobrepasan los límites de permisibilidad mientras que el Cadmio Bario, Cobre, Cianuro, Fluoruro, Plomo, Manganeso se encuentran en valores inferiores, el Arsénico presenta un valor permisible a uno no permisible. Los análisis microbiológicos revelan que en la época lluviosa existe la presencia de *Streptococos fecales* (750 UFC/ml) que sobrepasan los valores permisibles y época seca existe ausencia de los mismos; por otro, lado existe bacterias anaerobias reductoras de sulfito (1×10^0 UFC/ml). Finalmente se comparan los resultados obtenidos con la norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2179:2011 para consumo humano y se concluye que el agua mineral de la comunidad Santa Teresita no es apta para el consumo humano y se recomienda revisión de la infraestructura y mantenimiento de la vertiente.

Palabras claves: <QUÍMICA>, <CALIDAD DEL AGUA MINERAL>, <PARAMETROS FÍSICOS DEL AGUA MINERAL>, <PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA MINERAL>, <PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA MINERAL>.

0262-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the physical, chemical, and microbiological parameters of mineral water for human consumption in the Santa Teresita Community of the Chimborazo Fauna Production Reserve belonging to the parish of San Juan, province of Chimborazo, for which sampling determines the water source in two rainy (June) and dry (July) seasons under the NTE INEN 2176 sampling techniques standard and the NTE INEN 2169:98 standard Handling and conservation of samples. Physical parameters (temperature, conductivity, total solids, pH), chemical (Antimony, Arsenic, Barium, Borate, Cadmium, Chromium, Copper, Cyanide, Fluoride, Lead, Manganese, Mercury, Nickel, Nitrate, Nitrite, Selenium) and microbiological parameters (Escherichia coli, Total coliform bacteria, Fecal Streptococci, Pseudomonas aeruginosa, Sulphite-reducing anaerobic bacteria) were determined under the NTE INEN 2179:2011 "Mineral Waters" standard and standardized methods such as Standard Methods of Examination of Waters, in-situ membrane filtration. Conductivity and dissolved solids meet the requirement, while temperature and pH are below the permitted limit. Chemical elements such as Antimony, Borate, Cadmium, Chromium, and Nickel exceed the permissibility limits. At the same time, Cadmium Barium, Copper, Cyanide, Fluoride, Lead, and Manganese have lower values, and Arsenic presents a permissible value to non-permissible value. Microbiological analyses reveal that in the rainy season, there is the presence of fecal streptococci (750 CFU/ml) that exceed the permissible values, and in the dry season, there is an absence of them; on the other hand, there are anaerobic sulfite-reducing bacteria (1x100 CFU/ml). Finally, the results compared with the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 2179:2011 for human consumption, and it concludes that the mineral water of the Santa Teresita community is not suitable for human consumption, and it recommends reviewing the infrastructure and maintenance of the spring.

Keywords: <CHEMICAL>, <MINERAL WATER QUALITY>, <PHYSICAL PARAMETERS OF MINERAL WATER>, <CHEMICAL PARAMETERS OF MINERAL WATER>, <MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF MINERAL WATER>.



Lcdo. Edison Renato Ruiz López, Mgs.

CI: 0603957044

INTRODUCCIÓN

El agua es considerada el motor de desarrollo y fuente de riqueza que se constituye como uno de los pilares fundamentales para el progreso del hombre siendo uno de los elementos más importantes y abundantes del planeta Tierra además, tiene lugar a innumerables procesos vitales y el desarrollo socioeconómico, industrial y agrícola, el 71% de la superficie terrestre está cubierta por lluvia, ríos y océanos, sin embargo, solo el 3% es agua dulce, este líquido vital desarrolla innumerables procesos que son cruciales para la vida (Fuentes, 2019,p.86-95).

A nivel mundial existe una serie de responsabilidades que apoyan la importancia de la calidad de agua siendo una prioridad sanitaria en la década de los setenta existió un evento de política de salud internacional denominado “Salud para todos en el año 2000” demostrando la importancia de la calidad de agua para los pueblos, en el periodo de 2005 a 2015 las Naciones Unidas declara; el agua fuente de vida, otorgando importancia a temas relacionados con el agua, la contaminación de fuentes naturales que es generado por el hombre o por factores que se encuentran en la propia naturaleza (Chaplin, 2010).

El agua mineral posee un origen natural y su procedencia es de la propia naturaleza posee una relación directa con el ciclo hidrológico al penetrar en el interior del subsuelo en ambientes rocosos las aguas se enriquecen determinando su composición química y fisicoquímica y sus respectivas características al ser un tipo de agua que conserva su pureza y sus propiedad eso es necesario que el agua mineral para consumo humano requiera de cierta calidad que asegure la inocuidad de esta y también la seguridad de la salud de los moradores del sector ,su importancia es radical ya que se busca la posibilidad de poder embotellarla y comercializarla (Team, 2019).

Los parámetros (físicos, químicos y biológicos) son indicadores de la calidad de agua y además poseen varias ventajas tales como; presencia de sistemas acuáticos, la naturaleza sésil de los organismos, la simplicidad y confiabilidad de los métodos hacen que estos sean implementos ideales para el monitoreo regular de las condiciones del agua; en este sentido, los niveles de calidad del agua se determina mediante la concentración máxima permisible, así , el objetivo de esta investigación es conocer las condiciones y evaluarlas tanto físico, químicas y microbiológicas del agua mineral para consumo humano de la comunidad Santa Teresita, analizadas durante el periodo junio-julio 2022, el uso posterior de este análisis es constatar que el agua mineral ha sido sometida análisis de calidad y posteriormente ser comercializada.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ecosistema en la provincia de Chimborazo cubre una extensión del 36,9% al igual que los páramos estos se caracteriza por su gran diversidad de fuentes de agua dulce y por contener una alta capa de materia orgánica además son beneficiosas para la salud (Lozano, 2016).

Una sección de esta comunidad forma parte de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo y cuenta con potencialidades naturales y culturales que se constituyen en una estrategia importante para el desarrollo sostenible de la localidad (Chaplin, 2010).

Los pobladores de la comunidad Santa Teresita perteneciente a la parroquia de San Juan una de las diez parroquias rurales del Cantón Riobamba, aprovechan el agua mineral un recurso natural de esta zona para su subsistencia (Team, 2019).

La fuente de agua mineral se encuentra protegida por una cerca implementada por los comuneros del sector esto evita la presencia de desechos, basura, estiércol de los animales y posibles contaminantes externos sin embargo existe la presencia de algas y partículas presentes en el agua, esto depende de los tipos y concentraciones de las impurezas naturales que dependen de la naturaleza y del material geológico (Castillo, 2018).

El agua mineral de origen completamente natural tradicionalmente se considera saludable y de buena calidad a través de su paso por el suelo adquiere minerales que brindan las características propias (Valderrama, 2013), pero también puede reunir materia orgánica, gases o microorganismos, agentes contaminantes que alteren su composición propia, la vertiente de agua mineral carece de estudio donde la evaluación del agua no existe o es inadecuado, por ello es necesario realizar una evaluación del agua para descartar la presencia de materiales y compuestos químicos físicos y microbiológicos lo cual es un riesgo para los moradores de la comunidad (Chaplin, 2010).

1.1. Limitaciones y delimitaciones

La vertiente de agua mineral se encuentra ubicada en la comunidad Santa Teresita de la Reserva de Producción Fauna Chimborazo perteneciente a la parroquia San Juan. Las muestras de agua serán puntuales las cuales serán analizadas en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior de Chimborazo ubicada en la Panamericana Sur km 1 1/2 del Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

1.2. Problema general de investigación

¿La calidad del agua mineral en la comunidad Santa Teresita es apta para el consumo humano?

1.3. Problemas específicos de investigación

¿Qué características físicas, químicas y microbiológicas posee el agua mineral de la comunidad Santa Teresita?

¿Cumple los niveles de permisibilidad del agua mineral de la comunidad Santa Teresita según norma NTE INEN 2179:2011?

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la calidad de agua mineral en la comunidad Santa Teresita para consumo humano de la Reserva de Producción Fauna Chimborazo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua mineral de la comunidad Santa Teresita.
- Determinar los niveles de permisibilidad para el agua de consumo con la NTE INEN 2179:2011.

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación teórica

El agua es una molécula con dos átomos de hidrógeno unidos covalentemente a uno de oxígeno (Fuentes, 2019), a temperatura y presión ambientales se mantiene mayormente líquida es considerada un recurso natural y esencial para la vida, cubre más del 70% de la superficie del planeta tierra; se la encuentra en océanos, lagos, ríos, aire y suelo. El agua mineral se conoce también como agua de manantial porque es agua que emerge de un manantial mineral natural que son lugares donde el agua subterránea en movimiento sale de una abertura en la superficie de la tierra contiene una inmensa cantidad de minerales o gases disueltos, lo que resulta en que el agua

sea muy alta en contenido mineral, más específicamente, esta agua generalmente tiene un mayor contenido de calcio, hierro, magnesio, potasio y sodio que el agua regular (Astel, 2016).

Además, juega un papel cada vez más importante en la vida diaria en general el consumo de agua mineral aumenta constantemente en el mundo, especialmente en los países desarrollados donde el medio ambiente está protegido y las personas requieren agua de alta calidad (Chávez, 2018).

La calidad del agua, la salud y el crecimiento económico se refuerzan mutuamente y son fundamentales para lograr el bienestar humano y el desarrollo sostenible (Villena, 2018). La determinación de la calidad del agua es una serie de análisis basados en métodos físicos, químicos y microbiológicos los cual permite que los parámetros analizados cumplan o no con la norma establecida (Fuentes, 2019). De esta manera se considera la inexistencia de estudios sobre la calidad de agua de la vertiente de agua mineral en la comunidad Santa Teresita.

1.5.2. Justificación metodológica

La determinación de la calidad de agua mineral se basa en el análisis de los parámetros físicos químicos y microbiológicos, ciertos parámetros como conductividad, temperatura y pH se desarrollan in situ, es necesario realizarlo de esta manera ya que mejora la exactitud de la información de los datos recopilados y la precisión del resultado , con un equipo denominado multiparámetro y en la determinación de sólidos totales en base a Standar Methods for the Examination of Water and Wasterwater.Para el análisis de los elementos químicos se utiliza distintas técnicas de ensayo de Espectrofotometría de absorción Atómica , Espectrofotometría de Adsorción Atómica con Horno Grafito, UV-Vis, y finalmente los parámetros microbiológicos mediante filtración por membrana.

1.5.3. Justificación práctica

El trabajo de investigación cuenta con el aval del Grupo de investigación GIDAC del proyecto Medios de vida como estrategia para la planificación y gestión en la adaptación basada en ecosistemas PACHA, la evaluación del agua se lo realizará en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

A escala global el agua es un elemento esencial en muchas funciones ambientales relacionadas con los ecosistemas de la Tierra, que dependen en gran medida de la salud y el desarrollo económico de los organismos vivos y del buen funcionamiento de los ecosistemas (Astel, 2016, pp.763-766).

Los estudios y evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos sobre la calidad de agua, tanto para agua potable como agua subterránea, son abundantes debido ya que se trata del líquido vital para el normal desarrollo de la sociedad.

Las civilizaciones antiguas habían documentado formas de mejorar la calidad del agua para sus residentes, pero desconocían las pruebas de calidad del agua, los métodos para mejorar el sabor y el olor del agua se describieron en el año 4000 a. C, los griegos recomendaban filtrar el agua con carbón vegetal, exponer el agua a la luz solar y hervir agua

En el antiguo Egipto se utilizaban minerales y plantas para filtrar, purificar y sedimentar partículas e impurezas del agua (Sánchez et al. 2000, p.1).

En Ghana, continente africano se determinó bacterias coliformes totales, metales pesados y caracterización fisicoquímica en muestras de agua potable y agua subterránea del oeste en el 2013 se recolectaron muestras de 14 pozos y se analizaron indicadores físicos y químicos como *Escherichia coli*, mercurio, arsénico y cadmio, los elementos tóxicos y la fuerte contaminación son los principales factores que reducen y afectan directamente la calidad del agua subterránea; además de intercambio catiónico, disolución de minerales y meteorización de silicatos en agua (Affum et al. 2015, p.1).

En 2004, se realizó un estudio en México para evaluar y diagnosticar la calidad de los pozos de agua subterránea en Yucatán, se evalúa la calidad Química y bacteriología de aguas subterráneas, 106 muestras recolectadas agua potable para gestores municipales, la conclusión es que la calidad del agua respuesta química es aceptable, ya que solo 5 parámetros químicos tienen valores por encima de los valores límite en cuanto a los valores máximos permisibles de la norma mexicana y

la calidad microbiológica, es considerado inaceptable ya que el 55% de las muestras contenían grandes cantidades microorganismo (Pacheco et al. 2004).

En Tepalcingo, Axochiapan, México se obtuvieron seis muestras de ocho pozos de agua potable preclorada y un manantial identificaron dos variables bacteriológicas y 11 parámetros fisicoquímicos y la mayoría de los pozos y manantiales tienen agua muy dura y estos pozos mostraron concentraciones más altas de TDS en elevaciones más bajas, excepto en la fuente (Prasai et al. 2007, p.2).

En 2013, Benítez, investigador de Maracaibo, Venezuela presentó un estudio que evaluó la calidad microbiológica del agua embotellada de la ciudad se utilizó el método del número más probable (NMP) para identificar 10 marcas de agua seleccionadas entre bacterias aeróbicas neutras, coliformes totales, coliformes fecales y *Pseudomonas aeruginosa* y se concluyó que ambas marcas cumplían con todos los requisitos microbianos y eran aptas para el consumo humano (Benítez et al. 2013, p.1).

Después de muchos años de investigación, se establecen normas de calidad del agua para garantizar la idoneidad del uso eficiente del agua para un propósito designado, la contaminación microbiana y química del agua dulce natural, particularmente en países latinoamericanos, como Ecuador.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agua

El agua es una sustancia compuesta por los elementos químicos hidrógeno y oxígeno y existente en estado gaseoso, líquido y sólido considerado uno de los compuestos más abundantes y esenciales y es requerida por toda la vida en la tierra y domina la mayor parte del espacio en nuestro planeta, cubriendo aproximadamente el 71% de la superficie total de la Tierra, lo que explica la importancia de comprender la ciencia y la estructura del agua químicamente es transparente e incolora con un átomo de oxígeno unido covalentemente a dos átomos de hidrógeno (Fernández, 2012, p.147-150).

2.2.1.1. Importancia del agua

La importancia del agua y sus funciones en el planeta es crucial para la vida de todos los seres vivos en el habitan, este recurso natural permite que los procesos biológicos del ecosistema

funcionen adecuadamente, lo que a su vez garantiza la supervivencia de todas las especies vegetales y animales que habitan nuestro planeta (Córdoba, Del Coco, & Basualdo, 2010).

2.2.1.2. Agua mineral

Se considera como agua mineral el agua que contiene una gran cantidad de minerales o gases disueltos. El agua mineral de manantiales naturales comúnmente tiene un alto contenido de CaCO_3 , MgSO_4 , K_2SO_4 y Na_2SO_4 . También se puede impregnar con gases como CO_2 o H_2S , dicha agua se produce artificialmente añadiendo sales al agua destilada o aireándola con dióxido de carbono.

El contenido mineral del agua mineral tanto natural como artificial varía mucho y en algunos casos puede ser menor que el del agua corriente del grifo (Instituto de investigación agua y salud 2000, p.1).

La percepción de por qué se debe beber agua embotellada en lugar de agua del grifo se basa en la expectativa de que será de calidad superior, más apetecible y libre de riesgos para la salud. Sin embargo, el agua mineral embotellada debería ser representativa de la composición hidrogeoquímica de las aguas subterráneas, mientras que el agua del grifo podría derivar de múltiples fuentes, como aguas subterráneas o aguas superficiales incluyendo ríos y embalses.

De hecho, en todos los casos es agua natural la que se está analizando. La producción de agua embotellada es monitoreada por el International Bottled Water Association (IBWA 2022) y analizado como:

- Agua potable: Agua colocada en recipientes estériles utilizados para consumo del hombre. Los aditivos en esta agua deben ser alrededor del 1% peso del agua.
- Agua mineral: Agua compuesta por no menos de 250 partes por millón de sólidos disueltos (minerales).
- Agua de pozo artesiano: Agua de “un pozo que aprovecha un acuífero confinado en el que el nivel del agua se encuentra a cierta altura por encima de la parte superior del acuífero.”
- Agua purificada: Agua que consiste en agua destilada o agua desionizada agua.
- Agua con gas: Agua carbonatada.

Es pertinente el mencionar que las definiciones de agua mineral se basan en dos conceptos:

- El concepto de fuente protegida y más específicamente sobre la calidad bacteriológica
- El concepto de concentración mínima de sales disueltas

Además, el agua mineral natural puede distinguirse claramente del agua potable ordinaria por:

- Su naturaleza, que se caracteriza por su contenido mineral, oligoelementos u otros constituyentes y, en su caso, por determinados efectos.
- Su estado original (Gil Marín, Vizcaino y Montañó Mata 2018)

Ambas condiciones se han conservado gracias al subsuelo donde se da el origen del agua, quedando protegida del riesgo de contaminación

La composición, temperatura y otras características esenciales del agua mineral natural debe permanecer estable en la fuente, dentro de los límites de fluctuación natural, en particular, estas propiedades deben no verse afectadas por posibles variaciones en el caudal.

La composición química de las aguas minerales está determinada por la composición de la roca de la que se extraen, dependiendo de procesos geoquímicos, sin embargo, tipos similares de rocas pueden conducir a diferentes características en el agua mineral (Marín Galvín 2019), este proceso se aprecia en la siguiente figura 1-2.

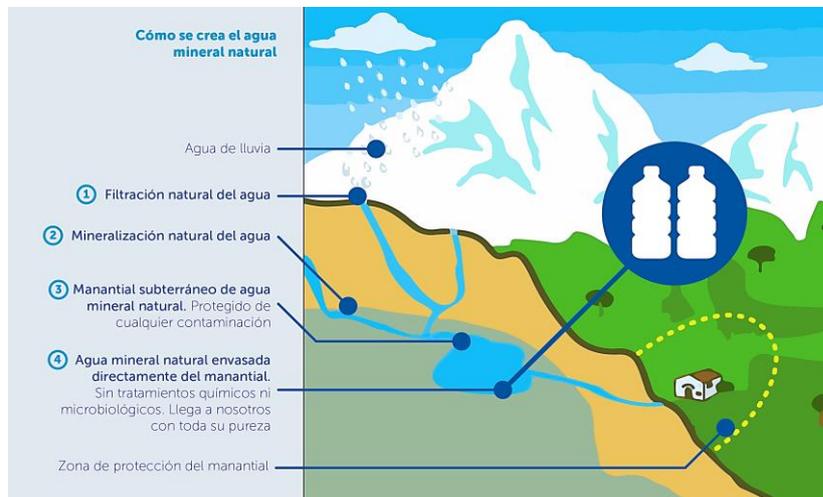


Ilustración 2-1: Proceso de formación geo hídrica del agua mineral

Fuente: ("Agua Mineral Natural - Instituto de Investigación Agua y Salud").

- *Tipos de agua mineral*

Dicho esto, existen varios tipos de agua mineral ya pueden ser gaseosas (con gas) o no gaseosas (sin gas), muy a menudo, el agua mineral natural contiene CO₂ disuelto. El dióxido de carbono puede liberarse espontáneamente de manera notable en condiciones de temperatura y presión normales (Marín, 2019, p.1).

Debido a esta característica, las aguas minerales naturales gaseosas se dividen en tres categorías generales:

- *Aguas minerales naturales enriquecidas con CO₂ de la fuente*

Para la identificación del tipo de agua, en la que la concentración de CO₂, después de la separación de elementos inestables y el embotellado, es superior a la determinada en un nivel freático o depósito subterráneo (ICB Editores 2015)

- *Aguas minerales naturales saturadas artificialmente con CO₂*

Para la identificación de tipos de agua en las que, durante el embotellado, el agua se saturó con CO₂ de una capa freática o depósito subterráneo o con CO₂ de calidad requerida para alimentos.

Tabla 2-1: Criterios internacionales para la determinación del tipo de agua mineral

Indicadores	Criterios
Muy bajo contenido en minerales	Contenido en sales minerales, calculado como residuo fijo, no superior a 50 mg l ⁻¹
Bajo contenido en minerales Contenido en sales minerales	calculado como residuo fijo, no superior a 500 mg/L
Rico en sales minerales Contenido en sales minerales	calculado como residuo fijo, superior a 1500 mg/L
Contiene bicarbonato	Contenido de bicarbonato superior a 600 mg/L
Contiene sulfato	Contenido de sulfato superior a 200 mg/L
Contiene cloruro	Contenido de cloruro superior a 200 mg/L
Contiene calcio	Contenido de calcio superior a 150 mg/L
Contiene magnesio	Contenido de magnesio superior a 50 mg/L
Contiene fluoruro	Contenido de fluoruro superior a 1 mg/L
Contiene hierro	Contenido de hierro bivalente superior a 1 mg/L
Ácido	Contenido de dióxido de carbono libre superior a 250 mg/L
Contiene sodio	Contenido de sodio superior a 200 mg/L
Apto para la preparación de alimentos infantiles	Contenido en sodio o cloruro no superior a 20 mg/L
Contenido de fluoruro	Contenido de fluoruro no superior a 0,7 mg/L
Contenido de nitrato	Contenido de nitrato no superior a 10 mg/L
Contenido de nitrito	Contenido de nitrito no superior a 0,02 mg/
Adecuado para una dieta baja en sodio	Contenido de sodio inferior a 20 mg/L

Fuente: (Kusssmaul 2003).

Realizado por: Apulalo Y., 2024

En general los criterios internacionales para la determinación del tipo de agua mineral en base a los parámetros fisicoquímicos de análisis se los puede observar en la tabla 1-2

- *Aguas minerales naturales, naturalmente saturadas con CO₂*

Para la identificación del tipo de agua, en la que la concentración de CO₂ en una capa freática o depósito subterráneo es igual a la concentración de CO₂ después de la separación de elementos inestables y embotellado; en caso de necesidad, el agua puede volver a saturarse con CO₂ obtenido de la misma fuente de agua subterránea, en la misma concentración que se perdió durante los procesos mencionados en el texto anterior (Sierra, 2018).

Otra manera de clasificar los tipos de aguas minerales se basa en sus componentes primarios con fines terapéuticos dentro de la fuente natural de este modo se tiene:

- *Aguas minerales bicarbonatadas*

Las aguas minerales naturales bicarbonatadas son aguas minerales frías y alcalinas con bajo contenido en minerales y propiedades diuréticas. Varios estudios han demostrado los efectos positivos de las aguas minerales bicarbonatadas en el tracto digestivo.

Los estudios sobre tratamientos de crenoterapia y sobre pacientes con dispepsia funcional muestran que el consumo de agua mineral bicarbonatada puede neutralizar la secreción ácida, aumentar el nivel de pH en la luz gástrica, acelerar el vaciado gástrico y estimular la liberación de hormonas digestivas (conocidas por roles en la regulación de la función gástrica) (Pérez 2018).

Numerosos estudios muestran los efectos en la salud del agua mineral bicarbonatada sobre biomarcadores de riesgo cardiometabólico (reduciendo especialmente el colesterol total, la glucosa en ayunas y el colesterol LDL) y en la prevención de Enfermedades Cardiovasculares (ECV).

Además, en comparación con las aguas pobres en minerales, las aguas bicarbonatadas sódicas disminuyen la lipemia posprandial y los niveles de aldosteronas (Perales et al., 2018).

- *Aguas minerales sulfatadas*

El agua mineral sulfato se caracteriza por la presencia de anión sulfato, con diferentes cationes. La presencia de cationes específicos combinados con sulfatos potencia las propiedades de estas aguas: las aguas minerales de sulfato de magnesio y sulfato de sodio demostraron ser realmente eficaces para los estados de estreñimiento funcional, beber agua mineral rica en sulfato de magnesio y sulfato de sodio puede otorgar beneficios significativos para una digestión saludable,

en términos de mejora de los síntomas de estreñimiento, evacuaciones intestinales en general y consistencia de las heces (Quijandría y Aramburu, 2016).

Un sistema mineral más complejo, como el agua mineral de sulfato-bicarbonato-calcio-magnesia, tiene una actividad terapéutica en los trastornos funcionales de la vía biliar: esta agua es particularmente eficaz gracias a los aniones electivos que ejercen acciones de coleresis y colagoga, ayudando a eliminar la hipomotilidad de la vesícula biliar y para corregir la tendencia al barro biliar (Maraver 2019).

- *Aguas minerales cloruradas*

Las aguas minerales cloruradas están compuestas por el cloruro como elemento predominante y los cationes más abundantes son el sodio, el calcio y el magnesio. Aunque los estudios sobre sus efectos en la salud son escasos, el agua mineral clorurada puede ejercer sus propiedades para las funciones intestinales: puede estimular el peristaltismo y la secreción intestinales de agua y electrolitos.

Además, pueden tener una acción colerética y colagoga al aumentar la secreción biliar y el flujo de bilis hacia el duodeno (Farrerons, 2018).

El cloruro suele estar presente en combinación con el sodio y son los principales constituyentes de las “aguas minerales saladas”, se pueden utilizar para la terapia hidropínica y pueden ser aguas hipotermales, hisotermales o hipertermales que inducen diferentes efectos biológicos, como un efecto estimulante tanto del vaciamiento gástrico como de la actividad motora cíclica interdigestiva del tracto gastroduodenal.

Su uso está especialmente indicado para la terapia hidropínica de enfermedades del sistema gastrointestinal (Villena, 2018).

- *Aguas minerales cálcicas*

El calcio es el principal mineral de las aguas minerales cálcicas. En general, se reconoce que la ingesta de calcio es importante para la salud del esqueleto y que puede ser beneficiosa para varios sistemas corporales no esqueléticos, como el sistema nervioso, los músculos y el sistema sanguíneo, el calcio es un catión que puede asociarse a diferentes aniones, que confieren a las aguas minerales cálcicas propiedades específicas. Los principales aniones son bicarbonato y sulfato (Gallego et al. 2019).

Los efectos beneficiosos del agua mineral rica en calcio sobre la mineralización ósea están ampliamente demostrados, un estudio realizado por Costi et al. en 255 mujeres muestra que el uso regular de agua rica en calcio mejora la densidad mineral promedio de la columna.

Resultados similares se mostraron en el estudio de Aptel que incluyó a 4434 mujeres mayores de 75 años. Un aumento de 100 mg/día de calcio en el agua potable se asoció con un aumento del 0,5 % en la densidad ósea femoral (“Agua Mineral Natural - Instituto de Investigación Agua y Salud”) (Chacón 2017).

- *Aguas minerales magnésicas*

Las aguas minerales magnésicas se caracterizan por el magnesio como componente esencial. Esta agua puede ser útil en patologías obstétrico-ginecológicas: síndrome premenstrual, climaterio y osteoporosis posmenopáusicas (Gil et al.2018).

El magnesio se puede combinar con otros minerales. Las aguas minerales de sulfato de magnesio mejoran la función intestinal, en términos de reducción del estreñimiento, mejora de los síntomas del estreñimiento y evacuaciones intestinales en general. Los estudios in vitro demostraron que el sulfato de magnesio puede actuar como catártico al aumentar el nivel de expresión de la acuaporina 3 (AQP3) y al cambiar la presión osmótica (Gallego et al. 2019).

- *Aguas minerales fluoruradas*

Las aguas minerales con flúor pueden estar indicadas para niños, ya que pueden reducir la incidencia de caries y promover la mineralización ósea. Sin embargo, el consumo de agua mineral fluorurada debe mantenerse bajo.

Las preocupaciones sobre el alto consumo de flúor están relacionadas con su posible efecto cancerígeno, pero en realidad los resultados de estudios epidemiológicos y en modelos animales muestran que el agua mineral con flúor no está directamente asociada con el riesgo de cáncer (Gallego et al. 2019).

- *Aguas minerales ferrosas*

Hay dos tipos principales de aguas ferrosas: aguas ferrosas/sulfatadas y aguas ferrosas bicarbonatadas. Las aguas sulfato-ferrosas/férricas son muy concentradas y ricas en arsénico. El pH es muy bajo por la presencia de ácidos sulfatados y fosfatados.

Las aguas bicarbonato-ferrosas son pobres en arsénico, el pH es de alrededor de 6 y tienen importantes propiedades hematopoyéticas. Están indicados en la anemia ferropénica y también se recomiendan para mujeres embarazadas, específicamente en el tratamiento de la anemia. De hecho, la biodisponibilidad del hierro en esta agua es muy alta debido a la presencia de otros oligoelementos: cobre, zinc, manganeso, litio y aluminio. Además, demostraron efectos terapéuticos beneficiosos sobre la floglosis crónica específica del tracto respiratorio superior (Pérez et al. 2018).

- *Aguas minerales ricas en sodio*

Las aguas minerales ricas en sodio se caracterizan por la presencia de sodio como catión principal, que puede estar asociado a diferentes aniones. La preocupación por el consumo de esta agua y la asociación con la hipertensión es razonable cuando el sodio se une al cloruro. En este caso, no se recomiendan a sujetos que padezcan enfermedades cardiovasculares (ECV) (Bonavetti et al. 2018).

Aunque pocos son los estudios que investigan las propiedades del agua mineral rica en bicarbonato de sodio, algunos reportan efectos en la salud de esta agua. Schoppen et al. informan que, en mujeres posmenopáusicas, el agua mineral rica en bicarbonato de sodio puede proteger contra el riesgo de ECV y puede aumentar la sensibilidad a la insulina.

Un estudio en animales investigó el papel potencial del agua mineral con gas natural rica en sodio hipersalina en la protección contra el Síndrome Metabólico (MS): en un modelo ambiental para la EM, la ingesta de agua rica en sodio demostró mantener bajos algunos parámetros normalmente involucrados en el Desarrollo de EM (como insulina, leptina, aldosterona, melatonina) (Villena et al. 2018).

- *Regulación para la venta y consumo del agua mineral*

La definición de aguas minerales puede diferir en diferentes países. Las normas y reglamentos para la comercialización del agua mineral en el país de origen y fuera de ese país también pueden diferir. Estas diferencias en las normas y reglamentos pueden dificultar la libre circulación de agua mineral envasada fuera de los límites de los países que producen marcas especiales.

Se están realizando esfuerzos, especialmente en la Comunidad Europea, para eliminar estas diferencias con el fin de promover la libre circulación de las aguas minerales naturales envasadas. Los productores del agua mineral natural, sin embargo, deben cumplir con las leyes y reglamentos básicos relativos a los alimentos y el agua destinados al consumo humano.

Desde un punto de vista global, existe un estándar establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y la Organización Mundial de la Salud de las Naciones Unidas (estándar Codex de la FAO/OMS) (Thalang et al. 2019).

En los países de las Comunidades Europeas, en respuesta al dictamen del Parlamento Europeo emitido en octubre de 1995 sobre la aproximación de las legislaciones de los estados miembros relativas a la explotación y comercialización de las aguas minerales naturales, se han realizado determinadas modificaciones. Estas modificaciones, sin embargo, no difieren de las de la norma del Codex de la FAO/OMS. Las siguientes condiciones se aplican a las aguas minerales naturales envasadas para consumo humano, particularmente en países industrializados:

El agua mineral natural, en su estado en origen, no podrá ser objeto de ningún tratamiento o adición distinta de la adición o eliminación de anhídrido carbónico. Debe contener una cierta cantidad de sales minerales disueltas. En muchos países industrializados, esta cantidad ronda los 500 mg/L (Gil et al. 2018).

El agua mineral natural, en su estado de origen, debe cumplir los requisitos microbiológicos especificados. Debe estar libre de todos los organismos patológicos. Después del envasado, el agua mineral no debe tener más de un recuento total de colonias especificado. En muchos países, especialmente en los países industrializados, la cifra no puede exceder 100 por ml a 20–22 °C en 72 h en agar o mezcla de agar y gelatina y 20 por ml a 37 °C en 24 h en agar. El recuento total de colonias se medirá dentro de las 12 h siguientes al envasado, manteniéndose el agua a 4±1 °C durante este período de 12 h. En origen, estos valores normalmente no deben exceder los 20 ml a 20–22 °C en 72 h y los 5 ml a 37 °C en 24 h, respectivamente, en el entendido de que se deben considerar como cifras orientativas y no como concentraciones máximas permitidas. Además, el agua mineral natural no puede contener ningún defecto organoléptico (Marín 2019).

- Todos los recipientes utilizados para envasar agua mineral natural deberán estar provistos de un cierre diseñado para proteger contra cualquier adulteración o contaminación (ICB Editores 2015)
- El etiquetado de los envases utilizados para el envasado de agua mineral debe incluir cierta información obligatoria. El nombre debe especificar el tipo de agua, como "agua mineral natural", "agua mineral naturalmente carbonatada" y "agua mineral natural carbonatada". La etiqueta también debe indicar el lugar donde se explota el manantial y una declaración de la composición analítica, dando sus constituyentes característicos. No se permite comercializar agua mineral natural de un mismo manantial bajo más de una denominación comercial. También está prohibido mencionar tanto en los envases como en las etiquetas una característica que el agua no posea, especialmente en lo que se refiere al tratamiento o cura de enfermedades humanas (Chacón 2017).

- La explotación de un manantial de agua mineral natural estará sujeta a la autorización de la autoridad responsable del país donde se haya extraído el agua (Valles et al. 2017)
- Los equipos de aprovechamiento del agua deberán instalarse de forma que se evite cualquier posibilidad de contaminación y se preserven las propiedades del agua en origen.
- Cuando el agua mineral natural en origen se contamine y ya no cumpla con el criterio microbiológico para el consumo humano, todas las operaciones conducentes a la venta comercial deberán suspenderse. Es responsabilidad de la autoridad local realizar controles periódicos para controlar las características originales del agua mineral natural (Moreno 2017)
- En los países en desarrollo, las regulaciones relativas a la comercialización de agua mineral natural varían significativamente de un país a otro. Incluso para la exportación de agua mineral natural de países industrializados a países en desarrollo, la directiva anterior puede no aplicarse (Aguilar et al. 2018).

El último informe de la norma del Codex de la FAO/OMS en 2017 no se presenta cambios significativos en relación con las versiones anteriores de estas directrices. El agua mineral puede ser puesta en el mercado y/o aprovechada para fines curativos sólo después del reconocimiento por parte de los organismos oficiales (por ejemplo, el Ministerio de Salud).

Los principales procedimientos de autorización válidos en la mayoría de los países comprenden:

- Permiso de investigación y reclamo minero regional;
- Evaluación de las características hidrogeológicas, químicas, físicas, microbiológicas, químico-farmacológicas y reconocimiento por parte de los organismos oficiales correspondientes;
- Operaciones autorizadas por el decreto de reconocimiento;
- Autorización de declaraciones de propiedades saludables;
- Autorización regional para la comercialización (Aguilar Vela, Cáceres Salazar y Nano Lazo 2018)

- *Composición del agua mineral*

El agua mineral se caracteriza por sus niveles constantes y proporciones relativas de minerales y oligoelementos en la fuente. No se pueden añadir minerales al agua mineral.

Los ingredientes químicos disueltos de las aguas minerales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2-2: Componentes químicos usuales en el agua mineral

Componentes comunes del agua mineral	Tipos
Ácidos	Carbónico, sulfúrico, clorhídrico, silícico, etc. (combinación)

Aluminio	Óxido de aluminio y sulfato
Calcio	Carbonato de calcio, cloruro, sulfato, fosfato
Hierro	Carbonato, bicarbonato, sulfato, óxido
Litio	Carbonato de litio, bicarbonato, sulfato, cloruro
Magnesio	Sulfato de magnesio, carbonato, bicarbonato, cloruro
Potasio	Carbonato de potasio, bicarbonato, cloruro, sulfato, fosfato
Silicio	Carbonato de potasio, bicarbonato, cloruro, sulfato, fosfato
Sodio	Cloruro de sodio, carbonato, bicarbonato, sulfato
Gases	Anhídrido carbónico o gas ácido carbónico, dióxido de carbono; sulfuro de hidrógeno o gas hidrógeno sulfurado; oxígeno.
Ingredientes raros	
Ácidos	Crenico y apocrenico, generalmente como crenatos
Amonio	Nitrato de amonio, cloruro, crenato
Antimonio	Óxido de antimonio y sulfato
Arsénico	Arsénico Arseniato de sodio y potasio, ácido arsénico
Bario	Bario Baryta u óxido de bario y el sulfato
Boro	Biborato de boro de sosa o bórax
Bromo	Bromuros de sodio
Cadmio	sulfato de cadmio
Cesio	sulfato de cesio
Cloro	Cloruros raramente libres
Cobalto	Muy raro
Cobre	Muy raro
Flúor	Fluoruros
Yodo	Yoduros de sodio y potasio

Fuente:(Steen 2016).

Realizado por: Apulalo Y., 2024

El agua mineral natural, en su estado en origen, no podrá ser el sujeto a cualquier tratamiento que no sea de envasado y esterilización, considerándose de esta manera:

- La separación de sus elementos inestables, como el hierro y compuestos de azufre, por filtración o decantación, posiblemente precedida de oxigenación, en la medida en que este tratamiento no altere la composición del agua en cuanto a los constituyentes esenciales que le dan sus propiedades
- La separación de compuestos de hierro, manganeso y azufre y arsénico de determinadas aguas minerales naturales mediante tratamiento con aire enriquecido con ozono en la medida en que dicho tratamiento no altera la composición del agua en cuanto a las constituyentes esenciales que le dan sus propiedades

- La separación de constituyentes indeseables distintos de los especificado en 1 o 2, en la medida en que este tratamiento no altere la composición del agua en cuanto a los constituyentes esenciales que le dan sus propiedades
- La eliminación total o parcial del dióxido de carbono libre por métodos exclusivamente físicos.

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Parámetros de la calidad de agua mineral

Se refiere a las características químicas, físicas y microbiológicas del agua, es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies o cualquier necesidad humana, a continuación, enlistaremos los parámetros ya mencionados.

2.3.1.1. Parámetros químicos

La concentración de hidrógeno (pH) en el agua se mide para determinar el nivel de iones H utilizando un medidor de pH para indicar el nivel de acidez o alcalinidad del agua que se está analizando. Otros factores químicos son dureza, sólidos disueltos y suspendidos, alcalinidad, coloides, minerales, residuos de secado, sulfatos, cloruros, nitratos, fluoruros, fosfatos y otros minerales.

2.3.1.2. Parámetros físicos

Se consideran físicos porque pueden ser percibidos por los sentidos (vista, olfato o gusto) y afectan directamente la condición estética y aceptabilidad del agua, como el color por la descomposición de sustancias, la presencia de materia orgánica en el suelo y el hierro, manganeso y otros factores, como el pH, la temperatura, etc.

2.3.1.3. Parámetros microbiológicos

Antes de que el agua pueda usarse como suministro de agua potable, debe tratarse para eliminar los elementos biológicos presentes en ella.

La composición del agua contiene una variedad de elementos biológicos, desde microbios hasta peces, pasando por algas, bacterias, hongos, moho y levadura.

2.3.2. *Calidad del agua mineral*

La calidad del agua mineral debe evaluarse de manera continua en mediciones de los parámetros físicos inestables del agua, es decir, temperatura y conductividad electrolítica, pH del agua.

Todos estos parámetros deben medirse utilizando el método electrométrico inmediatamente después de tomar muestras de agua de un pozo o manantial. Los componentes inorgánicos se pueden determinar utilizando el plasma acoplado inductivamente a un método de espectrometría de masas (ICP-MS).

El alcance del análisis incluye la determinación de sodio, potasio, litio, berilio, calcio, magnesio, bario, estroncio, hierro, manganeso, plata, zinc, cobre, níquel, cobalto, plomo, mercurio, cadmio, selenio, antimonio, aluminio, cromo, molibdeno, vanadio, circonio, titanio, arsénico, talio, tungsteno, bromuros, yoduros, sulfatos, fosfatos, sílice, y contenido de boro.

El contenido de iones de cloruro y la alcalinidad del agua deben ser determinados por titulación de acuerdo con un procedimiento de pruebas acreditado para medir la dureza. Mediciones de actividad total de nucleídos radiactivos α y β la concentración de radón (^{222}Rn), uranio (^{238}U , ^{234}U) y radio los isótopos (^{226}Ra , ^{228}Ra) se realizan utilizando un espectrómetro con detector de semiconductores alfa/beta (Thalang et al. 2019).

2.3.3. *Calidad de agua mineral microbiológica*

El control de la calidad del agua a nivel microbiológico es uno de los reportes más comunes en las comunidades de Ecuador presentando una alta incidencia de enfermedades gastrointestinales y parasitarias, el origen es la misma deficiencia que existe en el pozo o acuífero que se utiliza para el consumo.

Un análisis microbiológico se define por un conjunto de operaciones destinadas a la determinación de microorganismos en una muestra de agua al realizar este tipo de análisis se puede corroborar la ausencia o presencia de bacterias, virus, parásitos que pueden afectar la salud de los seres vivos.

2.3.4. Metales pesados en el agua mineral

Los elementos pesados se definen generalmente como elementos con una masa atómica mayor a 40. La presencia de elementos pesados en el agua suele generarse desde fuentes provenientes de la lixiviación de los minerales del suelo y de las rocas.

En algunas regiones, el contenido de metales pesados en el agua es significativamente alto; tales anomalías a menudo probablemente están relacionados con las actividades humanas (Marín Galván 2019). La concepción modelo de los procesos que controlan la aparición de metales pesados en el agua mineral se describe en la Figura 2-2.

Debido a la ingesta dietética, el organismo humano contiene una cierta cantidad de la mayoría de los metales pesados. Estos metales pueden entrar al organismo por alimentos o bebidas.

Según la OMS el Ca, Na, K, Cl, Mg, Fe, Zn, Cu, Cr, I, Co, Mo tienen funciones esenciales en la salud humana. Los elementos B, Mn, Ni, Si y V son de segundo nivel en su salud beneficios y Pb, Cd, Hg, As, Al, Li y Sn son elementos tóxicos.

La mayoría de los elementos citados pueden ser entregados a los humanos a través del agua y los alimentos. La contribución de los elementos del agua varía de 1-5%, dependiendo del elemento y la calidad del agua, en el caso de Ca y Mg, el aporte puede llegar al 20% (Sierra 2018).

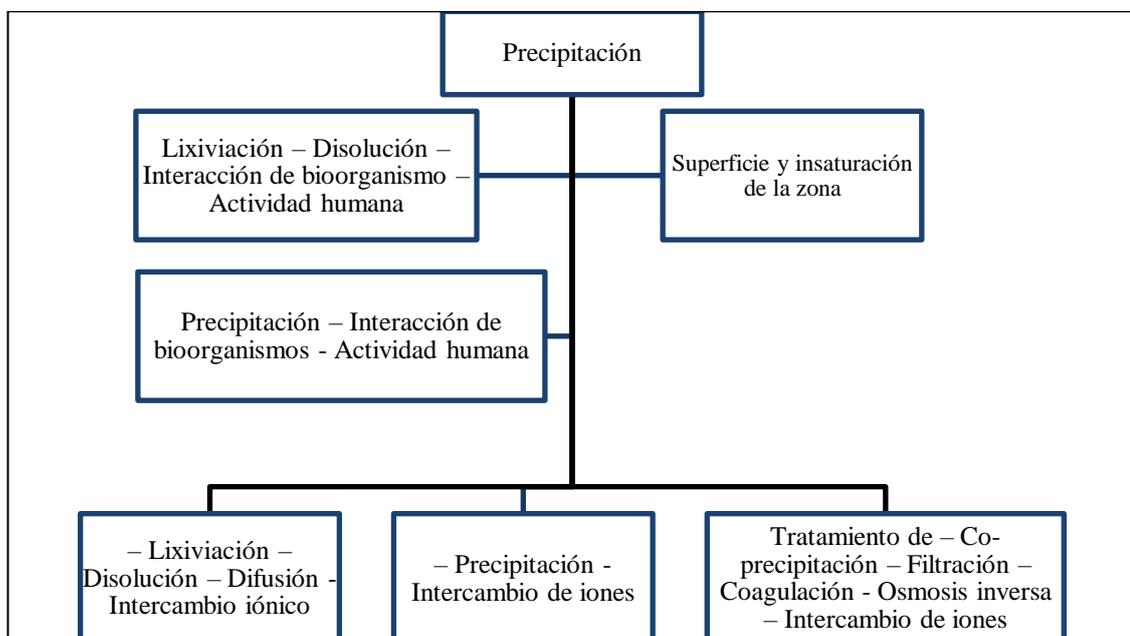


Ilustración 2-2: Proceso para el rastreo y manejo de metales pesados en el agua mineral

Fuente:(Kussmaul 2003).

La calidad del agua natural depende de su mineralización y composición química, que está controlada por el medio ambiente que lo rodea, el medio ambiente, las condiciones hidrogeológicas y geológicas, y la cultura civil. En los países desarrollados, el agua del grifo por lo general tiene que cumplir con las normas gubernamentales, reglamentos de gobierno o directrices de la OMS y se entrega al hogar por una red de tuberías de transporte de agua, muchos habitantes que viven en ciudades industriales a menudo compran agua mineral o embotellada. Los criterios de calidad del agua embotellada son mucho más laxos que los para agua del grifo. La mineralización y composición química de las botellas el agua a menudo muestra un rango significativamente más amplio que el del agua del grifo (Marín 2019).

Los rangos típicos de los sólidos disueltos totales y las concentraciones de la mayoría de los metales en superficie no contaminada son parámetros importantes dentro del agua mineral embotellado. Generalmente, las concentraciones de oligoelementos pesados (Mn, Ag, Al, Hg, Cd, etc.) en agua mineral son comparables o significativamente más bajos (especialmente los valores máximos) que los de las aguas superficiales (ICB Editores 2015)

Los fenómenos se pueden conectar con el hecho de que la superficie de agua puede tener contacto con el suelo y las rocas meteorizadas por lo general contiene una gran cantidad de microorganismos sometidos a procesos de degradación, los compuestos orgánicos disueltos y oligoelementos son absorbidos por las rocas durante la migración de agua que penetra profundamente. Debido a la retención prolongada de agua en la formación rocosa, muchas interacciones procesos como la lixiviación de los minerales de las rocas, el intercambio iónico y así sucesivamente dan como resultado los sólidos disueltos totales (SDT) y las concentraciones de elementos mayoritarios (Ca, Mg, Na, Fe) del mineral y mineral embotellado las aguas son altas o incluso muy altas para las aguas subterráneas que ocurren más de unos pocos cientos de metros de profundidad (Valles et al. 2017).

2.3.5. *Proceso de embotellamiento de agua mineral*

El proceso de manufacturación de agua embotellada comienza en la fuente de agua. Hay una variedad de fuentes de agua en todo el país para encontrar agua, como el océano, aguas subterráneas, pozos y manantiales, y suministros municipales. La siguiente etapa es iniciar un proceso de filtración de agua a través de sistemas como ósmosis inversa, desalinización de agua de mar, ozonización, destilación, desinfección UV, electrodesionización con el fin de eliminar los contaminantes no deseados del agua de alimentación. Las empresas de tratamiento de agua utilizan uno o más de estos procesos de filtración según la calidad del agua de alimentación (Villena 2019).

La fuente de agua elegida para la producción de bebidas también tiene un efecto sobre la calidad del agua que se puede procesar, así como sobre su rentabilidad. Más del 30% del suministro de agua embotellada proviene de fuentes municipales y el resto proviene de otras fuentes, como manantiales y pozos. Dondequiera que se origine el agua, será responsable de pasar los estándares de calidad de las agencias de análisis de agua. Estas agencias analizan el tipo y la frecuencia de las sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en la fuente para determinar la implementación correcta del proceso de filtración.

El agua que tiene un sabor o sabor extraño no funcionará bien en el mercado. Las sustancias orgánicas como los iones metálicos en el agua pueden provocar estas características no deseadas. Los procesos indicados anteriormente pueden depurar estos compuestos orgánicos del agua de alimentación, siendo más adecuados tratamientos específicos para determinadas situaciones. Por ejemplo, la filtración por membrana es muy eficaz para erradicar metales y otros iones del agua. La ozonización es perfecta para eliminar el olor del agua y también proporciona saneamiento para evitar la recurrencia de la contaminación microbiológica.

El agua purificada y el agua de manantial son los dos tipos de agua embotellada más populares en el mercado. Si bien es posible que cada tipo no tenga mucho contraste en términos de sabor, existe una gran diferencia en el proceso de filtración. El agua purificada requiere un extenso tratamiento y regulación del agua, más que cualquier otro tipo de agua. Sin embargo, proporciona la mejor calidad y agua constante al público. Por este motivo, es el tipo de agua embotellada más demandada por los consumidores.

Los procesos más preferidos utilizados para el proceso de purificación son la ósmosis inversa, la desionización y la destilación. La ósmosis inversa es el sistema de purificación de agua preferido por los embotelladores debido a su eficiencia energética, menor costo y mayor rendimiento. Los sistemas de ósmosis inversa eliminan hasta el 99 % de las sustancias orgánicas y los iones del agua, incluidas casi todas las bacterias y virus.

Cuando se trata de agua de manantial, la fuente de agua debe ser un manantial genuino. Es importante asegurarse de que el manantial pueda manejar la producción de agua para el proceso de embotellado para que sea rentable. La mayoría de los procesos de purificación de agua de manantial consisten en sistemas de tratamiento que funcionan con una filtración inferior a 0,2 micras.

Una vez terminado el proceso de filtración, el agua de manantial generalmente se purifica con ozono para descontaminar y mantener el agua en la botella. Al preservar las características del

agua, el ozono muestra su eficacia con la eliminación de bacterias y sustancias orgánicas y, gradualmente, vuelve a convertirse en oxígeno, en breves rasgos el proceso de embotellamiento se aprecia en la Figura 3-2.



Ilustración 2-3: Proceso de purificación del agua mineral

Fuente: (Pérez Jara 2018).

El agua embotellada y el agua del grifo comparten valores similares en cuanto a la seguridad que brindan al público. Por esta razón, la opción de agua embotellada o del grifo es principalmente una cuestión de preferencia personal.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) regulan el agua del grifo y el agua embotellada respectivamente. En última instancia, cada organización utiliza estándares similares para garantizar agua potable segura (IBWA 2022).

Un aspecto negativo del agua embotellada es su propensión para descomponerse cuando se expone a la energía ultravioleta de alta intensidad. Esta prevalencia ocurre debido a que el plástico contiene sustancias orgánicas y enlaces que son vulnerables a disolverse cuando no están protegidos de la energía ultravioleta. Este inconveniente hace que no sea aconsejable mantener las botellas directamente bajo la luz solar, ya que los rayos ultravioletas del sol pueden romper el plástico, lo que liberará sustancias químicas en el agua (Marín 2019).

2.3.6. Parámetros que determinan la calidad del agua mineral en el Ecuador

En primera instancia es necesario el definir el tipo de agua mineral sobre la cual se establecerán el cumplimiento de parámetros para ello la norma NTE INEN 2179:2011 titulada aguas minerales.

Agua mineral no envasada en la fuente. Requisitos determina la existencia de 3 tipos de agua mineral siendo estos:

- Agua mineral no carbonatada: Es aquella agua mineral no efervescente, es decir que no libera espontáneamente gas carbónico a la salida de la fuente de manera perceptible en condiciones normales.
- Agua mineral con adición de gas carbónico: Es un agua mineral que se le ha hecho efervescente por adición de gas carbónico de origen diferente al de la fuente de la cual proviene, luego de un tratamiento
- Agua mineral descarbonatada. Es un agua mineral cuyo contenido de gas carbónico proveniente de la fuente ha sido eliminado total o parcialmente, luego del tratamiento y posteriormente envasada

Además de esta clasificación la norma versa sobre especificaciones de las disposiciones para la captación, la adición de componentes químicos mediante ningún procedimiento y el tratamiento para la fuente natural (NTE INEN 2179 2011).

Por otra parte, se especifican los límites permisibles de componentes químicos según la norma NTE INEN 2179:2011.

Por otra parte, el contenido de microorganismos patógenos que pueden verse inmersos en la alteración de la calidad del agua mineral se especifica del siguiente modo de acuerdo con la norma NTE INEN 2179:2011.

Para finalizar se debe destacar que los métodos de ensayo utilizados para los análisis de todos los parámetros y requerimientos establecidos en la normativa, establece que se debe utilizar métodos normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods) en su última edición.

2.4. Técnicas de muestreo

En la calidad de agua existe técnicas de muestreo bajo la norma NTE INEN 2176:98 Agua. Calidad del agua. Muestreo, se menciona el tipo de muestra del agua mineral.

2.3.1. Muestras compuestas

Es una mezcla de dos o más muestras o submuestras, existe una escala conocida a partir de la cual se puede obtener el puntaje promedio de la función, decidir las proporciones de mezcla se basan en mediciones de tiempo y flujo.

2.4.2. Muestra instantáneas

Son oportunas e individuales esta es una muestra aleatoria (con respecto al tiempo y/o verter cierta cantidad de agua).

2.3.3 Equipo de muestreo

Es un dispositivo para tomar muestras de agua para el análisis de diversas sustancias y funciones predefinidas.

2.4.4. Muestreo

Es el proceso de tomar la parte más representativa de una determinada cantidad de agua Se utiliza para analizar múltiples funciones definidas.

2.4.5. Tipo de muestreo

Hay varias situaciones de muestreo, algunas de las cuales se pueden lograr tomando una simple muestra puntual mientras que otras pueden requerir un equipo de muestreo sofisticado, se recomienda separar las muestras utilizadas para el análisis químico, microbiológico y biológico debido al proceso y equipo de recolección y manejo.

2.4.6. Muestras puntuales

Las muestras de campo son muestras individuales recolectadas manual o automáticas, para aguas superficiales, cierta profundidad y subterráneas.

Cada muestra generalmente representa solo la calidad del agua en un momento dado donde fue tomada, el muestreo automático corresponde a una serie de muestras tomadas en un momento determinado tiempo preestablecido o intervalo de flujo.

2.4.7. Muestras periódicas

Las muestras se toman periódicamente a intervalos definidos (correlación de tiempo), se obtienen utilizando un mecanismo de tiempo para iniciar y finalizar el muestreo.

2.5. Base legal

Por otra parte, se especifican los límites permisibles de componentes químicos según la norma NTE INEN 2179:2011 de la siguiente manera:

Tabla 2-3: Límites permisibles de los componentes en el agua mineral.

Componente	Límite Máximo permisible	Unidad de medición
Antimonio	0,005	mg/l
Arsénico	0,01	mg/l
Bario	0,7	mg/l
Borato	5	mg/l
Cadmio	0,003	mg/l
Cromo	0,05	mg/l
Cobre	1	mg/l
Cianuro	0,07	mg/l
Fluoruro	1,5	mg/l
Plomo	0,01	mg/l
Manganeso	0,4	mg/l
Mercurio	0,001	mg/l
Níquel	0,02	mg/l
Nitrato	50	mg/l
Nitrito	0,1	mg/l
Selenio	0,01	mg/l

Fuente:(NTE INEN 2179, 2011).

Realizado por: Apulalo Y., 2024

Por otra parte, el contenido de microorganismos patógenos que pueden verse inmersos en la alteración de la calidad del agua mineral se especifica del siguiente modo de acuerdo con la norma NTE INEN 2179:2011, indicado en la tabla 4-2.

Tabla 2-4: Límites permisibles de microorganismo en el agua mineral.

Microorganismo	Límite permisible	Unidad de Medición
<i>E. coli</i> o termotolerantes coliformes bacterias	1	UFC/ 250 cm ³
Bacterias coliformes totales	1	UFC/ 250 cm ³
<i>Streptococos</i> fecales	1	UFC/ 250 cm ³
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	UFC/ 250 cm ³
Bacterias anaerobias reductoras de sulfito	1	UFC/ 250 cm ³

Fuente:(NTE INEN 2179, 2011).

Realizado por: Apulalo Y., 2024

Para finalizar se debe destacar que los métodos de ensayo utilizados para los análisis de todos los parámetros y requerimientos establecidos en la normativa, establece que se debe utilizar métodos normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods) en su última edición.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGIA

3.1. Enfoque de la investigación

El proyecto de investigación es de tipo cuantitativo ya que se busca establecer, analizar y obtener concentraciones de los compuestos contaminantes, físicos químicos y microbiológicos del agua mineral, cuyos datos obtenidos se describen de acuerdo con los resultados obtenidos en el laboratorio, expresados en valores numéricos, y mediante el uso de denominaciones escalares o vectoriales.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es de tipo explicativo ya que su finalidad es investigar las condiciones en las que encuentra el agua mineral bajo la norma técnica ecuatoriana. nte inen 2179:2011, la vertiente ha sido poco estudiada y no ha sido abordada con profundidad anteriormente y de esta manera determinar las causas y efectos de la posible inocuidad del agua mineral.

3.3. Diseño de investigación

Esta investigación se lleva a cabo por un diseño cuasi experimental en este caso a fin de establecer márgenes y contraste de comparación entre los factores, fisicoquímicos y microbiológicos de las caracterizaciones del agua mineral de la comunidad de Santa Teresita.

Dicha investigación consiste en la validación o rechazo de las hipótesis propuestas, de forma sustentada, se emplearon de forma sistemática, el uso de artificios matemáticos y de ámbito estadístico, tales como promedios, varianzas, medias, y agrupamiento entre las variables, es decir, a los parámetros físicos, es decir, temperatura, conductividad eléctrica y solidos disueltos.

3.4. Hipótesis de las variables

En el contexto metodológico ensamblado previamente, a continuación, fueron definidas las variables dependiente e independiente, y posteriormente la correspondiente formulación de las hipótesis de estudio:

- Variable Dependiente: El consumo humano del agua mineral.
- Variables Independiente: Calidad de agua mineral de la comunidad Santa Teresita de la Reserva de Producción Fauna Chimborazo.

Hipótesis planteadas:

H_0 : La calidad del agua mineral en la comunidad Santa Teresita no es apta para el consumo humano según la norma INEN 2179-1.

H_1 : La calidad del agua mineral en la comunidad Santa Teresita es apta para el consumo humano según la norma INEN 2179-1.

3.5. Tipo de estudio

El proyecto de investigación se desarrolla mediante un enfoque cuantitativo ya que se evalúa los datos obtenidos de las variables de estudio mediante estadística.

Según el objeto es aplicada ya que se busca analizar las condiciones en la que se encuentra del agua mineral de la comunidad Santa Teresita. Según el nivel de profundización en el objeto de estudio es de tipo explicativo ya que su finalidad es verificar la inocuidad del agua mineral bajo la norma técnica ecuatoriana. nte NEN 2179:2011, la vertiente ha sido poco estudiada y no ha sido abordada con profundidad anteriormente y de esta manera determinar las causas y efectos de la posible inocuidad de esta.

Por otra parte, según la manipulación de variables la investigación es de tipo cuasi experimental ya que no se manipula ninguna de las variables con la finalidad de comparar los datos obtenidos. Mediante la condición de estudio la investigación se realiza a nivel de laboratorio ya que las variables de investigación son controlables, como el uso del laboratorio, el procesamiento de muestras, el uso de diferentes reactivos para lograr la evaluación del agua mineral.

De acuerdo con el tipo de inferencia es un estudio deductivo porque se basa en un procedimiento metodológico que se encarga de obtener supuestos, formular hipótesis, confirmarlas y luego extraer conclusiones adecuadas sobre los hechos. Por ejemplo, el agua mineral de la comunidad de Santa Teresitas es apta para el consumo humano.

Y finalmente la investigación según el periodo temporal se considera un estudio transversal ya que en un periodo tiempo se realiza la recolección de las muestras de agua mineral en base a análisis físicos, químicos y microbiológicos.

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

Corresponde a la fuente de agua mineral en la comunidad de Santa Teresita correspondiente a la Reserva de Producción Fauna Chimborazo perteneciente a la parroquia San Juan, el cual, sirve de suministro del vital fluido al consumo humano de dicha localidad.



Ilustración 3-1: Fuente de agua. Punto de muestreo

Realizado por: GIDAC

3.6.2. Muestras

En el caso de este estudio la muestra a las distintas tomas de agua realizadas en el afluente de la comunidad de Santa Teresita, correspondieron a dos (02) muestras de agua en los meses de junio y julio del año 2022, cuyos parámetros químicos y físicos: pH, temperatura, conductividad y TDS se realizaron a través de cinco (05) repeticiones, mientras que los 16 elementos químicos resultantes de los análisis de minerales y los 5 elementos bacteriológicos, se determinan dos (02) veces sin repeticiones.

El método de muestreo utilizado correspondió a uno de tipo aleatorio simple para tomar una cantidad adecuada de muestras de agua representativas para la investigación. La recolección de las muestras de agua se realizó en época lluviosa (junio) y en época seca (julio), para finalmente comparar la influencia de la estación climática respecto de la calidad del agua de la referida comunidad. Las muestras fueron recogidas durante un (01) día dentro de la segunda semana de cada mes, en horas comprendidas entre las 11H30 am y 13H30 pm aproximadamente.

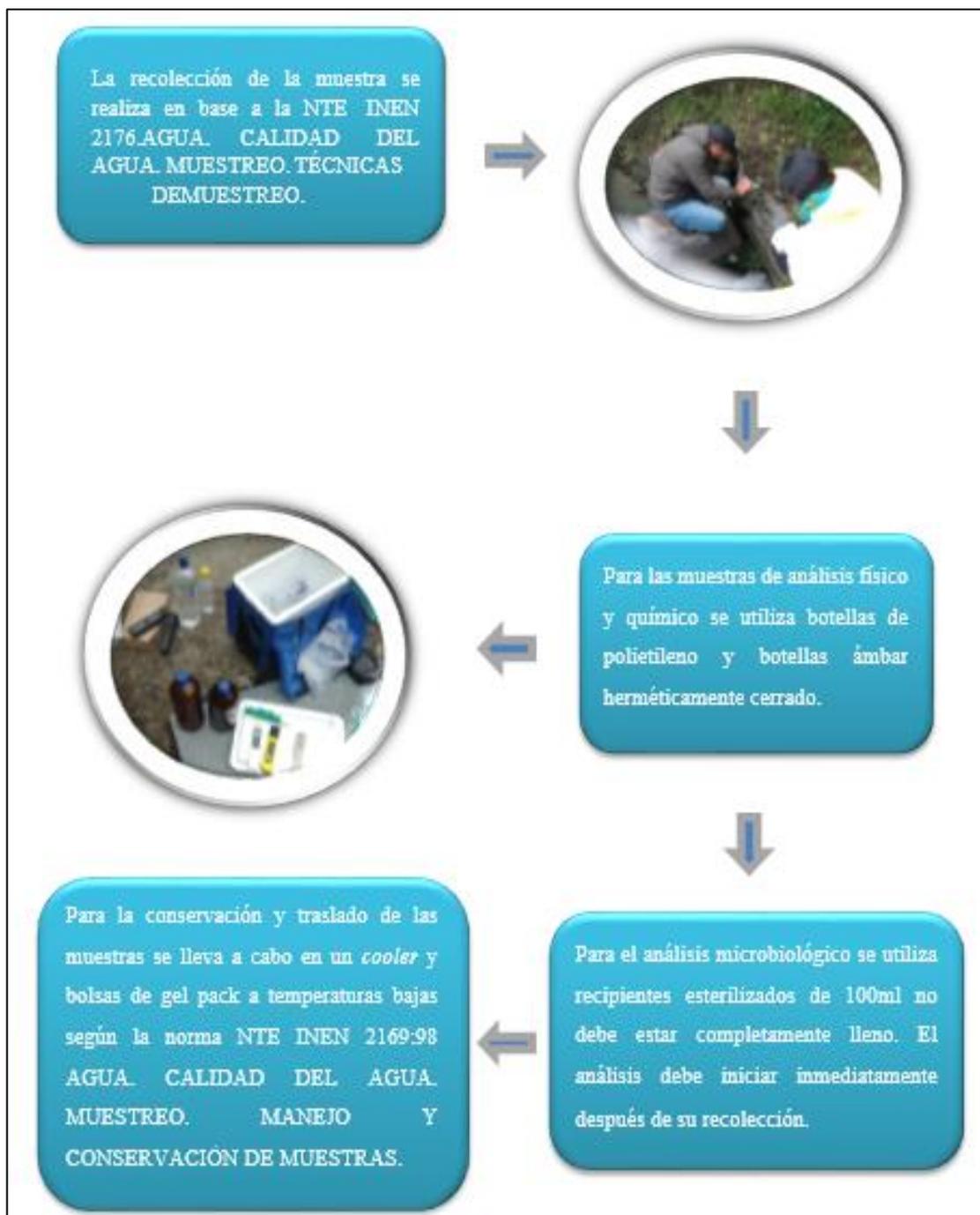


Ilustración 3-2: Diagrama de recolección de la muestra poblacional.

Realizado por: Apulalo Y., 2024

Respecto a la recolección de las muestras para el análisis físico y químico, este se realizó en botellas ámbar de vidrio cada uno con 1000 ml esterilizados, agregando en cada uno 1 ml HNO_3 1:1, es decir, 100 ml ácido nítrico concentrado + 100ml agua destilada tipo 1, para poder preservarse hasta analizarse adecuadamente en el laboratorio. Por otro lado, para el análisis microbiológico, se lo llevó a cabo en frascos de plástico de 100 ml limpios y con tapas herméticas.

Tras obtener las muestras, las mismas fueron dispuestas en un *cooler* en un ambiente frío en una temperatura de 3 a 7 °C y fuera del alcance de la luz, para evitar alteraciones microbianas en las especies químicas, físicas y microbiológicas.

3.7. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

A continuación, los parámetros físicos que se analizaron en el sitio fueron: conductividad, temperatura y pH, donde para ello se utilizó el multiparámetro HACH el cual cuenta con las condiciones necesarias para medir los parámetros mencionados.

3.7.1. Análisis físico de la muestra

3.7.1.1. Conductividad eléctrica

La conductividad es un parámetro utilizado para medir la cantidad de iones disueltos en el agua. Como característica principal, la conductividad eléctrica, es aquella representación de la capacidad de conducción eléctrica en el agua por ser un medio acuoso a través de los iones disueltos, es decir, electrolitos, y ácidos y sales, los cuales son de naturaleza orgánica (López 2021).

La medición se lo realiza con un conductímetro electrónico que consta de dos placas; una fuente alimentadora y una escala de medición la cual está compuesta con un material en particular; Pt,Ti,Ni, recubierto de oro, grafito etc.

Se empleó un conductímetro electrónico el cual origina una diferencia de voltaje entre dos electrodos que están inmersos en el agua, este parámetro sirve para estimar el contenido total de constituyentes iónicos.

Los datos obtenidos se pueden observar en la siguiente tabla 1-3, los cuales corresponden a los valores de conductividad medidos por la autora en el laboratorio:

Tabla 3-1: Lecturas de conductividad para las muestras de agua

Conductividad Ω (μ S)					
Junio			Julio		
554	540	556	567	561	558
588	564	592	570	567	567
592	592	521	570	561	561
540	541	540	603	602	603

490	490	521	603	603	603
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Realizado por: Apulalo Y., 2024

A continuación, en la figura 3-3, se realizó la ilustración del procedimiento de medición de la conductividad eléctrica en el agua mineral, teniendo en cuenta las dos fases de preparación de la muestra y colocación del electrodo.

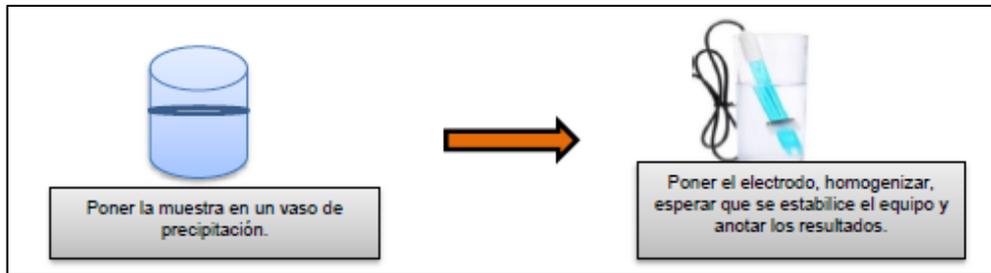


Ilustración 3-3: Determinación de la conductividad

Fuente: Universitat de Les Illes Balears.

En la primera fase de preparación de la muestra, la misma es colocada dentro de una base de precipitación por ser un envase de mayor volumen que facilita la instalación del conductímetro. Se efectuaron lecturas preliminares para validar que el equipo se encontraba calibrado. Una vez verificado el apropiado funcionamiento del equipo se tomó las lecturas concernientes respecto a la capacidad de conducción de energía eléctrica.

3.7.1.2. Temperatura



Ilustración 3-4: Determinación de la temperatura

Realizado por: Apulalo Y., 2024

Respecto de la característica principal de la temperatura asociada al agua, la misma, representa la cantidad de energía lumínica que se almacena de forma natural en los primeros dos metros de dicha columna del fluido, lo cual genera un estiramiento y aumento del cuerpo de este. Este parámetro se encuentra vinculado a la energía calórica absorbida al cuerpo líquido (Serrano, 2020).

Tabla 3-2: Lecturas de temperatura para las muestras de agua.

Temperatura (°C)

Junio			Julio		
15	13,7	13,9	18,4	17,6	15,8
14	13,5	13,3	17,5	17,6	17,6
15,3	14	13	16,6	16,5	16,3
15,4	13,9	15,8	15,7	15,7	15,6
15	13,9	13,9	15,5	15,4	15,2

Realizado por: Apulalo Y., 2024

Este parámetro es analizado de manera directa a la fuente, es decir, *in situ* mediante el equipo electrónico marca ESMART, Modelo EZ-9908. Para iniciar el análisis se enjuaga con agua destilada el sensor del equipo unas tres veces, luego se procede a sumergir el equipo en la fuente de agua mineral durante 30 segundos y de esta manera poder estabilizarlo, una vez realizado este procedimiento se registran los valores arrojados por el equipo (Serrano, 2020).

3.7.1.3. Sólidos disueltos totales o TDS

Los sólidos totales disueltos representan la concentración total sustancias disueltas en el agua, compuestas de sales inorgánicas como: calcio, magnesio, potasio sodio, entre otras, las cuales se denominan cationes y también una pequeña cantidad de materia orgánica como carbonatos, nitratos, cloruros y sulfatos que todos son aniones (Magal y Cutipa 2021).

A continuación, los materiales y equipos necesarios para la medición de los TDS:

- Crisoles de porcelana
- Desecador
- Balanza analítica.
- Vaso de precipitación 100ml
- Agua mineral
- Varilla agitadora
- Pipeta
- Horno de secado

Procedimiento de la determinación de los TDS

- Calentar un crisol limpio a 103°C – 105°C, durante una hora.
- Pesar el crisol de porcelana en miligramos asegurarse que esté completamente seco y limpio.
- Colocar la muestra de agua mineral en un vaso de precipitación y agitar la solución, esto asegura que las partículas se distribuyan de manera uniforme.
- Filtrar 50 ml de la muestra y colocar el papel filtro en un embudo de porcelana y matraz.

- Transferir la muestra ya filtrada, al crisol previamente pesado y colocarlo o en un horno de secado.
- Reducir la temperatura hasta 2°C aproximadamente, por debajo del punto de ebullición (100°C), a fin de evitar salpicaduras.
- Secar la muestra evaporada al menos durante una hora en un horno a 103 – 105°C.
- Enfriar el crisol en un desecador para equilibrar la temperatura y pesar en una balanza analítica.
- Efectué los cálculos necesarios y registré los mismos en su hoja de trabajo.

Finalmente, se aplica la siguiente ecuación la para la determinación calculada:

$$\text{Volumen de muestra} = \frac{(A - B) \times 1.000}{\text{Vol (ml)}}$$

Dónde:

A: Peso del residuo seco más crisol en mg.

B: Peso del crisol en mg.

Vol (ml): Volumen de Muestra (mL de la muestra).

Tabla 3-3: Lecturas de TDS para las muestras de agua

TDS (°C)					
Junio			Julio		
277	251	294	268	268	268
257	293	296	283	283	283
274	296	274	283	281	285
242	270	270	270	286	301
260	260	260	299	296	290

Realizado por: Apulalo Y., 2024

De acuerdo con la tabla 3-3 se establece la lectura de TDS que se recolectaron en el transcurso del mes de junio y julio del 2022.

3.7.2. Análisis químico de la muestra

3.7.2.1. pH

El pH es una unidad cuantitativa que describe la acidez o alcalinidad de una solución, se mide en una escala de 0 a 14 en disolución acuosa, el valor de las soluciones por debajo de pH 7 son ácidas y alcalinas las que son mayores a 7. Para la determinación del pH, se inicia calibrando el equipo

con dos sobres de sales de pH de 6.86 y de 4.01, que cada uno se mezclan con 250 ml, que posteriormente se sumergen el potenciómetro con el que a la vez se agita la muestra del agua mineral dentro del envase, que, una vez estabilizada la turbulencia del agua, arroja los resultados (López 2021, p.1). A continuación, la ilustración del procedimiento:

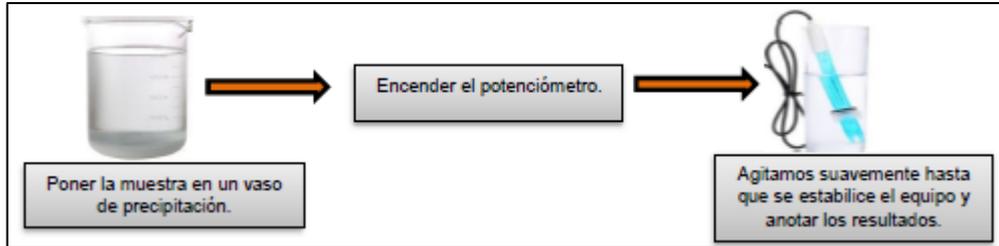


Ilustración 3-5: Proceso de determinación del pH.

Fuente: Universitat de Les Illes Balears.

Tabla 3-4: Lecturas de pH para las muestras de agua

pH					
Junio			Julio		
5,52	5,35	5,6	5,72	5,75	5,80
6,20	5,80	5,89	5,75	5,74	5,74
5,87	5,75	5,75	5,80	5,85	5,83
5,38	5,51	5,47	5,81	5,83	5,84
5,71	5,76	5,41	5,83	5,85	5,87

Realizado por: Apulalo Y., 2024.

3.7.2.2. Determinación de Ba, Cu, Pb, Mn y Cd por el método de AAS

El método de espectrofotometría de absorción atómica se basa en la vinculación del átomo y su formación básica, constituida por un núcleo rodeado de electrones, en donde cada elemento químico analizado, el cual tiene un número específico de electrones asociados al núcleo atómico en una estructura orbital que es única para cada elemento, ocupan posiciones orbitales de manera ordenada y previsible.

La configuración electrónica más estable de un átomo, que además es la de menor energía, se conoce como estado fundamental, donde al aplicar energía con una determinada longitud de onda (λ) a un átomo en estado fundamental, esta energía será absorbida por el átomo y un electrón será promovido a un orbital de mayor energía, alcanzando el átomo una configuración menos estable, también llamado estado excitado.

Este proceso es llamado como absorción atómica, basándose en la capacidad de un átomo para absorber luz a longitudes de onda específicas, desarrollándose así la técnica analítica instrumental llamada Espectrofotometría de Absorción Atómica:

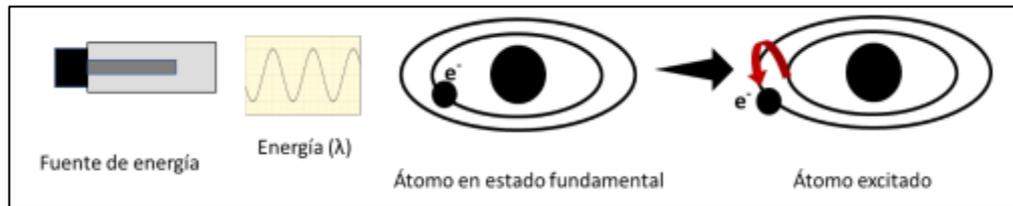


Ilustración 3-6: Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Fuente: Universitat de Les Illes Balears.

A continuación, fue desglosado el procedimiento para la realización de espectrofotometría de absorción atómica, considerando la disponibilidad de los materiales, reactivos y procedimientos específicos subsiguientes:

- *Reactivos*

- Aire, limpio y seco.
- Acetileno con grado absorción atómica.
- Agua desionizada.
- Ácido nítrico, HNO₃; al 65% grado ultrapuro.
- Agua acidulada. Disuelva 1,5 mL de ácido nítrico al 65% grado ultrapuro en 1 L de agua desionizada UP.
- Peróxido de hidrogeno, H₂O₂, 30%.
- Soluciones patrón trazable a SRM de NIST de 1000 mg/L. de Bario, Cobre, Plomo y Manganeso.

- *Materiales*

- Espectrofotómetro de Absorción Atómica PELKIN-ELEMER 2380.
- Lámparas de cátodo hueco (LCH) o de descarga sin electrodo (LDE) PERKIN - ELMER; para Ba, Cu, Pb, Mn y Cd.
- Balones aforados clase A de 100 y 50 mL de cuello ancho.
- Erlenmeyers de 125 mL.
- Vasos de precipitado de 100 mL.
- Pipetas aforadas clase A, de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 25 y 50 mL.

- Probetas plásticas de 50 mL.
- Pipeta pasteur.
- Embudo de polipropileno pequeño de 5 cm de diámetro y vástago corto.
- Soporte para filtración.
- Papel de filtro cualitativo S&S 595 referencia 311610 de 11 cm de diámetro.
- Membranas de acetato de celulosa S&S OE67 referencia 10404012 de 0.45Wm y 47 mm de diámetro.
- Frasco lavador.
- Frascos de polipropileno de aproximadamente 50 mL de capacidad.

- *Procedimiento de preparación de estándares de la curva de calibración*

Soluciones estándar intermedias de 100 mg/L de Ba, Cu, Pb, Mn y Cd: Para cada metal por separado, tomar 10,0 mL del respectivo patrón de 1000 mg/L y llevar a volumen con agua desionizada en balón aforado de 100 mL.

Sobre los estándares de calibración: Los estándares para la curva de calibración en A. A. se preparan con agua acidulada, no se digieren.

Las curvas se hacen con tres estándares de alta media y baja concentración hasta cubrir el rango de linealidad de acuerdo con lo obtenido en la validación y lo establecido en el manual del Espectrofotómetro Perkin Elmer, de la siguiente manera:

- *Cobre (Cu)*

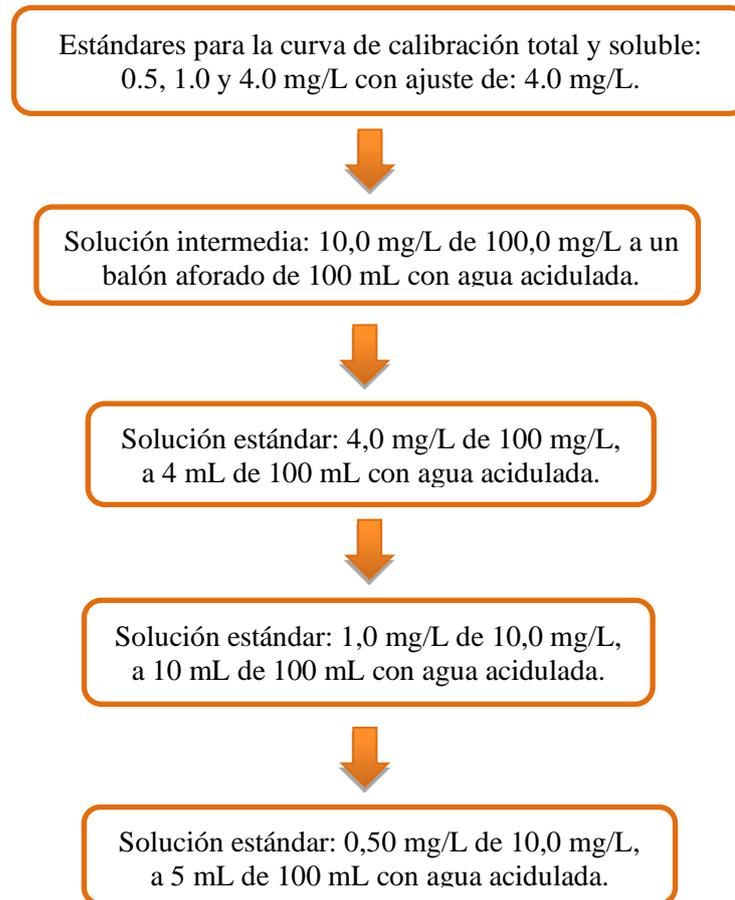


Ilustración 3-7: Preparación de estándares de cobre.

Realizado por: Apulalo Y., 2024

- *Plomo (Pb)*

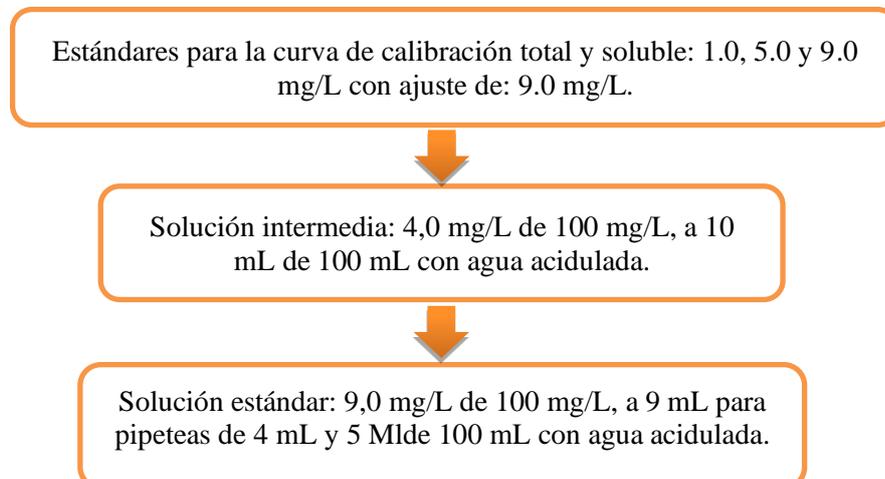


Ilustración 3-8: Preparación de estándares de plomo.

Realizado por: Apulalo Y., 2024

- *Manganeso (Mn)*

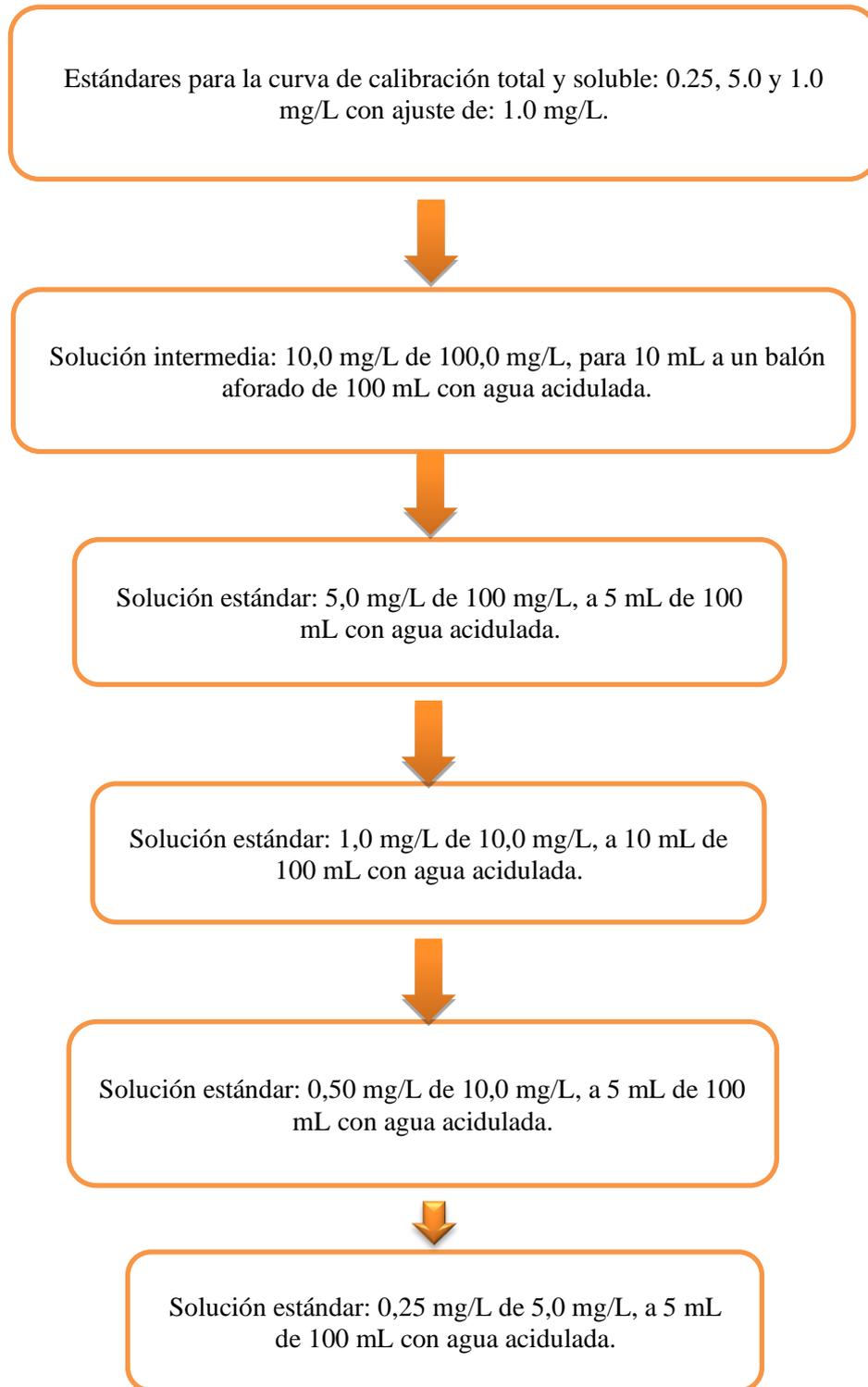


Ilustración 3-9: Preparación de estándares de manganeso.

Realizado por: Apulalo Y., 2024

- *Bario (Ba)*

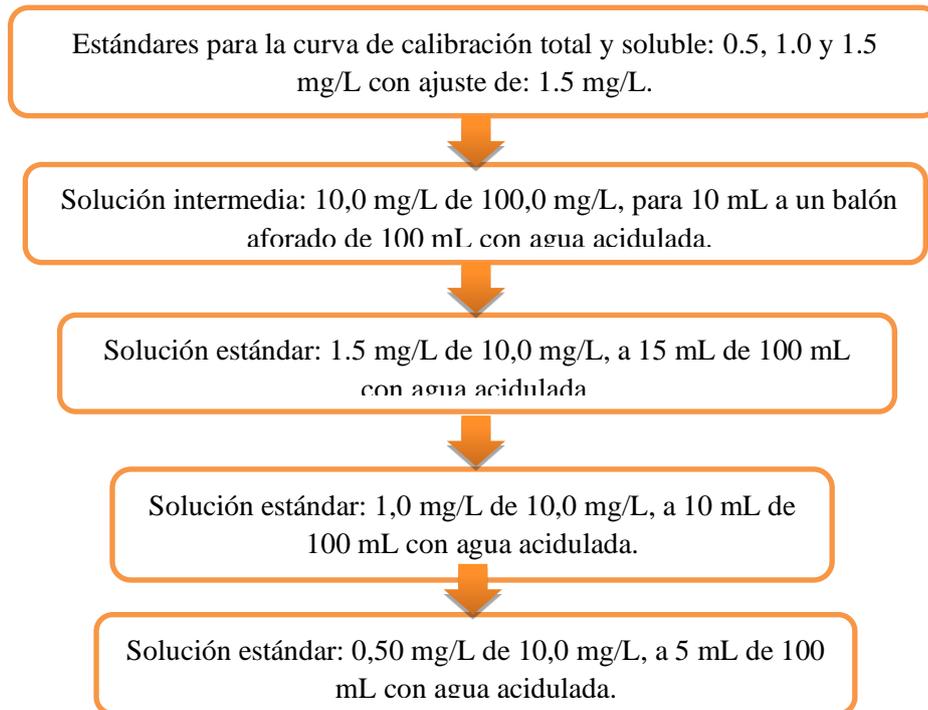


Ilustración 3-10: Preparación de estándares de bario.

Realizado por: Apulalo Y., 2024

- *Cadmio (Cd)*

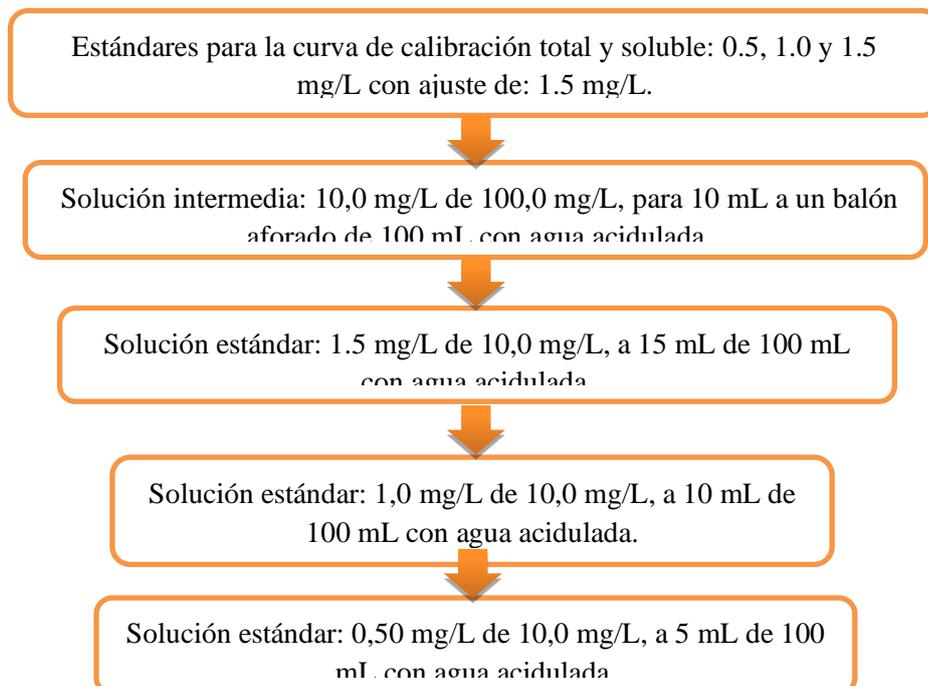


Ilustración 3-11: Preparación de estándares de cadmio.

Realizado por: Apupalo Michelle, 2022.

- *Preparación de estándares de control de la digestión*

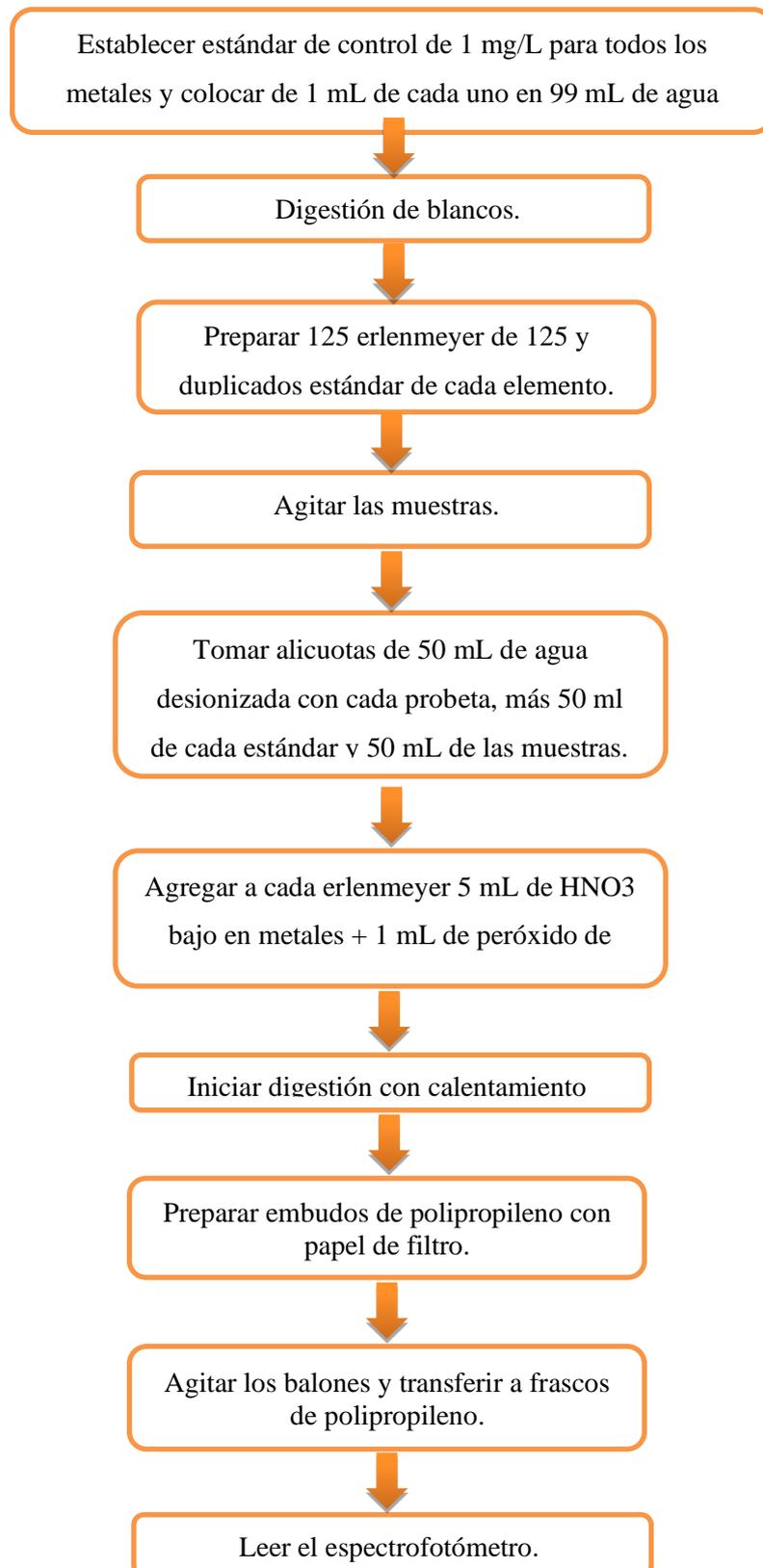


Ilustración 3-12: Preparación de estándares de la digestión.

Realizado por: Apulalo Y., 2024

- *Procedimiento de análisis*

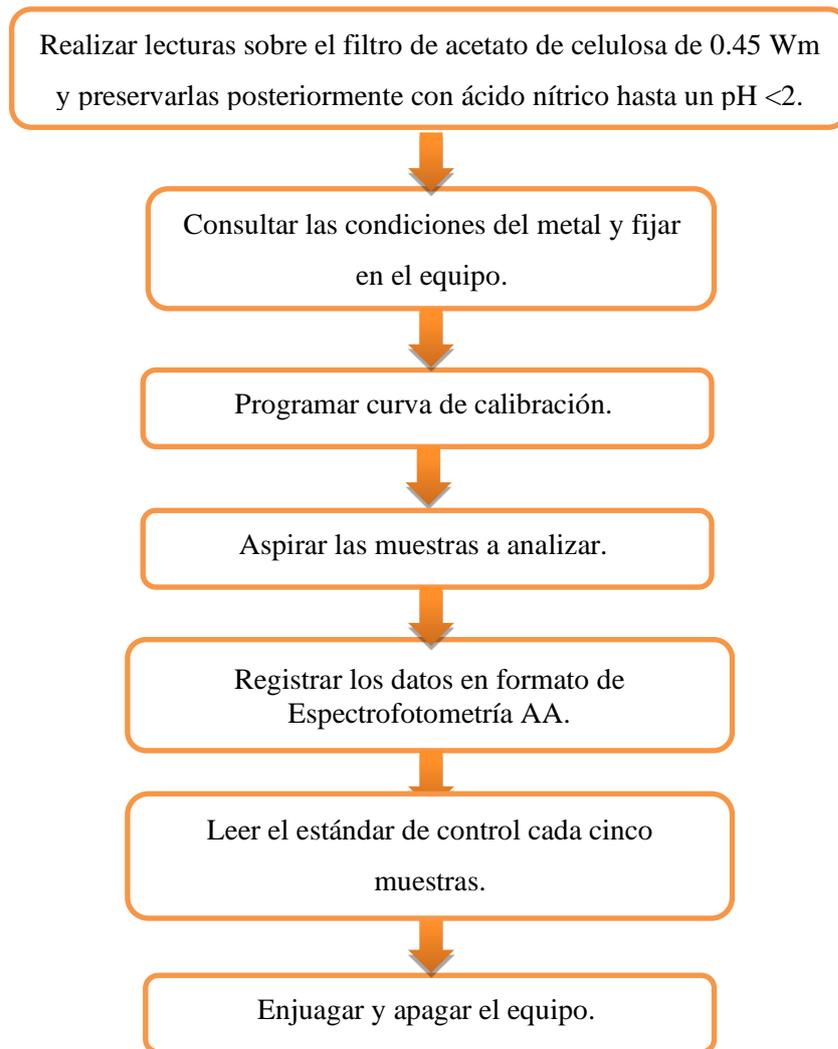


Ilustración 3-13: Procedimiento de espectrometría de absorción atómica.

Realizado por: Apulalo Y., 2024

- *Procesamiento de datos y cálculo de resultados.*

El equipo reporta la concentración de cada ión metálico en mg/L referente a la apropiada curva de calibración. Si la muestra ha sido diluida, multiplicar por el factor de dilución, si se requiere dilución de la muestra:

$$\text{mg de metal/L de muestra} = A * (V_{\text{final}}/V_{\text{alícuota}})$$

Siendo:

A = mg/L de metal en alícuota diluida o muestra procesada, de la curva de calibración,

V_{final} = Volumen al que se llevó la alícuota a diluir.

$V_{\text{alícuota}}$ = mL tomados de alícuota de muestra.

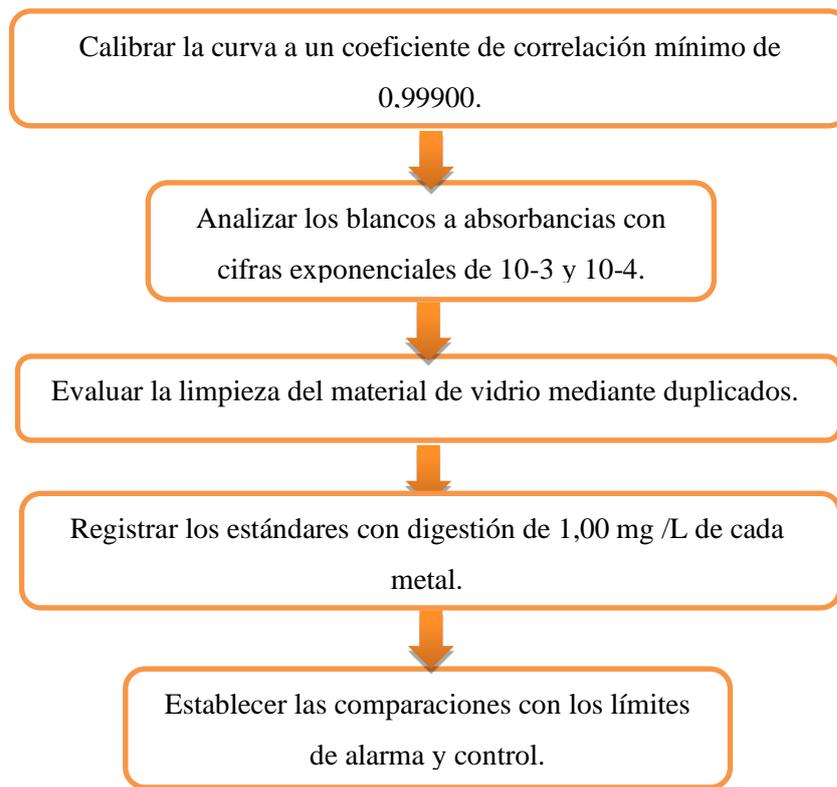


Ilustración 3-14: Procesamiento de datos y resultados del método AAS.

Realizado por: Apulalo Y., 2024

Finalmente, fueron caracterizados y utilizados la siguiente tabulación de parámetros para el proceso de absorción atómica individual:

Tabla 3-5: Elementos analizados según espectrometría de absorción atómica.

Elemento	Descripción del elemento	Rango de medición con dilución
Bario (Ba)	El bario, cuyo número atómico es 56, es un elemento que se encuentra dentro de los primeros diez más abundantes sobre la superficie de la corteza de la tierra a un valor del 0,04%; el mismo, es hallado mediante el óxido de bario, witherita y la barita, como mineral principal (Corral et al. (2019)).	20 – 2.000 pg/L
Cadmio (Cd)	El cadmio, cuyo número atómico es 48, Elemento químico relativamente raro, símbolo Cd, número atómico 48; tiene relación estrecha con el zinc, con el que se encuentra asociado en la naturaleza. Es un metal dúctil, de color blanco argentino con un ligero matiz azulado. Es más blando y maleable que el zinc, pero poco más duro que el estaño, cuya densidad relativa es de 8.65 a 20°C (68°F), de punto de fusión de 320.9°C (610°F) y de ebullición de 765°C (1410°F) son inferiores a los del zinc (Corral et al. (2019)).	20 – 2.000 pg/L
Cobre (Cu)	El cobre, cuyo número atómico es 29, ha sido merecedor de ser uno de los metales no ferrosos de mayor importancia en la industria metalúrgica, debido a las propiedades físicas, químicas y mecánicas que este posee, el cual, se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre, debido su contenido entre los sulfuros minerales y óxidos, tales como la covelita, brocantita, tenorita, crisocola, cuprita, malaquita, tenorita, azurita, calcopirita, enargita, calcocita, entre otros (Corral et al. (2019)).	2.0 – 2000 pg/L
Plomo (Pb)	El plomo, cuyo número atómico es 82, hallado con color característico azulado. Posee un punto de ebullición de 1.725 °C y fusión de 327,4 °C (Corral et al. (2019)).	2.0 – 2000 pg/L
Manganeso (Mn)	El manganeso, cuyo número atómico es 25, es recurrentemente usado en la industria del acero, así como también en la industria pilas secas y del vidrio, como desecante y de barnices y pinturas, mediante aplicaciones que lo convierten en catalizador. El mismo posee cualidades de reacción rápida respecto al aire y a elevadas temperaturas, donde se oxida. (Corral et al. (2019)).	5.0 – 2000 pg/L.

Realizado por: Apulalo Y., 2024

3.7.2.3. Determinación de Sb, As, Cr, Ni, Se por el método AAS en horno de grafito.

Para el análisis de estos metales se toma como referencia Estándar Methods for the Examination of Water and Wastewater se prepara estándares de cada uno de los metales mencionados. Para la realización de dicho experimento, se tomaron en cuenta los siguientes elementos:



Ilustración 3-15: Equipo de Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Fuente: Universitat de Les Illes Balears.

Materiales:

- Tubos con integración de plataforma de grafito.
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin-Elmer Mod. AAnalyst 800, equipado con inyector automático.
- Pipetas automáticas de 0-50 μ l, 50-200 μ l, 200-1000 μ l y 0-5 ml.

Reactivos:

- Solución madre de los metales de 1000 μ g/ml.
- Soluciones hijas en agua milli-Q de los diferentes metales de 100, 10 y 1 μ g/ml.
- Agua milli-Q system.
- 0.5 g $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ en 50 ml de Tritón X-100 al 0.1% (Modificador de matriz).

Procedimiento simplificado:

- Construir una curva patrón a partir de la solución hija del metal a analizar de 1 μ g/ml (equivale a 100 μ g/dl), con los siguientes patrones: 0, 5, 10 y 20 μ g/dl.

- Diluir las muestras de metal (1/13) con modificador de matriz y agitar.

Programa:

3. Secado (I): 110 – 10 – 10.
4. Secado (II): 200 – 10 – 10.
5. Calcinación (I): 800 – 10 -10.
6. Calcinación (II): 850 – 10 – 5.
7. Atomización: 1700 – 0 – 5.
8. Barrido: 2600 – 1- 3.

Parámetros

- Lectura: Área de Pico.
- Lámpara: EDL ($\lambda = 283.3 \text{ nm}$; rendija= 0.7 nm).
- Volumen de inyección de muestra: 10 μl .
- Volumen de inyección de modificador: 10 μl .

Para comenzar el análisis se toma 100 ml de la muestra de agua mineral con una bureta y se lo introduce en un vaso de precipitación, donde no es necesario añadir HNO_3 para la digestión. Llevar la muestra de agua a la estufa a ebullición por 45 minutos de esta manera se reduce el volumen a 30 ml, lo cual facilita la generación de vapor atómico por el calentamiento de la estufa u horno, lo que permitirá la captación del haz de luz de la lámpara espectral, la cual es asimilada en forma de pico transitorio.

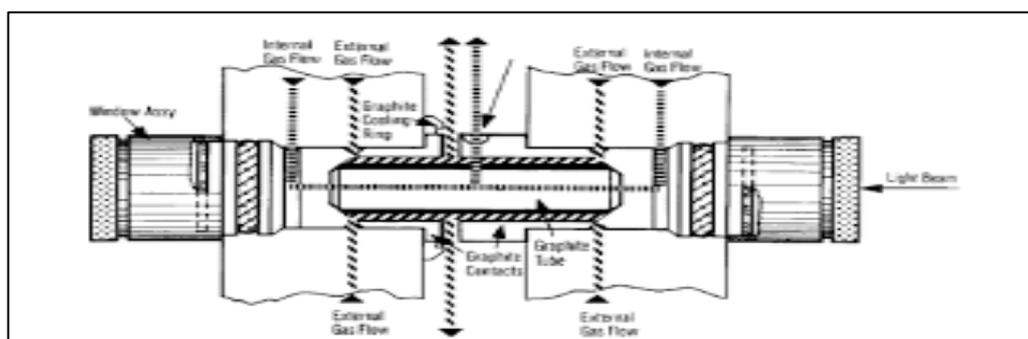


Ilustración 3-16: Determinación de muestras de metales a través de espectrofotometría.

Fuente: (Grima, 2019).

Mientras, para que ocurra el fenómeno de atomización, es necesario aplicar una diferencia de potencia eléctrica a un tubo de grafito donde este debe contener a la muestra. Inmediatamente, dicha muestra es alineada con el haz de luz procedente de la lámpara espectral. Al reaccionar la muestra con el horno de grafito, la concentración de la soluciones elevada, a lo que

inmediatamente sucede una precipitación de las medida de átomos difundidos en el horno, tras cumplir con el secado o eliminación del diluyente; la mineralización para la eliminación de la matriz atómica, lo que inmediatamente reacción manifestándose como la atomización, transformando los átomos de la muestra en el estado necesario, denominado estado fundamental, y finalmente, el barrido para limpiar los restos remanentes en el tubo.

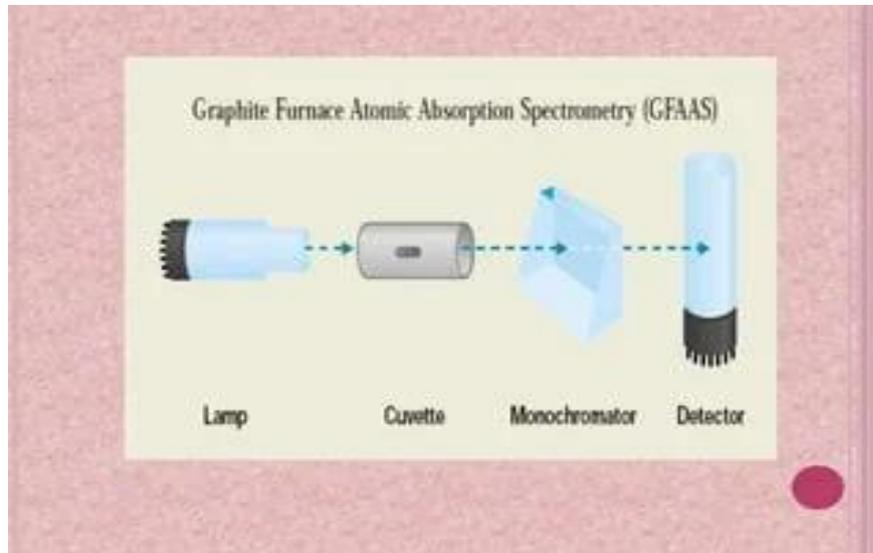


Ilustración 3-17: Desglose de etapas del proceso de espectrofotometría.

Fuente: (Grima, 2019).

Este procedimiento se realizó para cada uno de los metales que serán descritos a continuación, previa filtración y acidificación antes del análisis, al utiliza el modificador de matriz, los cuales son posteriormente procesados por el software del espectrofotómetro, considerando la caracterización y parámetros siguientes:

Tabla 3-6: Elementos analizados por el método AAS en horno de grafito.

Elemento	Descripción del elemento	Rango de medición con dilución
Antimonio (Sb)	El antimonio se encuentra en cantidades de tipo traza en aguas naturales (normalmente inferiores a 10 µg/l) y puede presentarse en mayores concentraciones en manantiales termales o en aguas que drenan zonas mineralizadas (Corral et al. (2019).	5 – 2.000 pg/L
Arsénico (As)	De acuerdo con Corral et al. (2019), el arsénico, cuyo número atómico es 33, es abundante en la naturaleza en general, y su presencia en disolución en el agua, también es normal; el mismo de acuerdo con su modificación polimórfica estimuladas por condiciones ambientales (Corral et al. (2019).	2.5 – 2.000 pg/L
Cromo (Cr)	De acuerdo con Zambrano (2022), el cromo, cuyo número atómico es 24, es un metal que en su estado natural es hallado en estado quebradizo y duro, con coloración plateada y blanca. Su punto de ebullición es 2.665 °C, mientras que el punto de fusión es de 1.875 °C (Corral et al. (2019).	0.2 - 10 pg/L
Níquel (Ni)	De acuerdo con Novoa et al. (2022), el níquel, es un elemento químico cuyo número atómico es 28. Es un elemento de gran valor metalúrgico por sus propiedades físicas, respecto a la maleabilidad, dureza y ductilidad que posee; el mismo es hallado con una coloración plateada y blanca.	2 – 2.000 pg/L
Selenio (Se)	De acuerdo con Hoya et al. (2022), elemento químico cuyo número atómico es 34; el mismo presenta propiedades muy semejantes a las del telurio. El mismo puede ser hallado en grandes cantidades distribuido en la amplitud de la corteza terrestre en una proporción cerca de 7 x 10-5%.	0.2 – 200 pg/L
Cadmio (Cd)	El cadmio, de color blanco azulado, cuyo número atómico es 48, fue semejanzas con el elemento zinc con el cual es hallado en combinación. Posee propiedades físicas de ductilidad, maleabilidad. Posee un punto de fusión de 320,9 °C, y uno de ebullición de 765 °C (Corral et al. (2019).	0.2 – 200 pg/L
Mercurio (Hg)	Este elemento, cuyo número atómico es 80, siendo un elemento sumamente toxico. Posee un punto de ebullición de 357 °C, y uno de fusión de -38 °C, siempre y cuando se cumplan condiciones de presión atmosférica normalizadas. Es ampliamente explotado en la industria metalúrgica, eléctrica y la instrumentación (Corral et al. (2019).	5 – 2000 pg/L

Realizado por: Apulalo Y., 2024

3.7.2.4. *Determinación de B, Cn, F, NO2 y NO3 por espectrofotometría UV-VIS*

El método de espectrofotometría UV-VIS, consiste de la disposición las dos soluciones con soluto x, es decir, solución n° 1 y n° 2, cuyas celdas son igualadas; al determinar que entre ambas muestras, una de ellas contiene menor cantidad de soluto, es decir, en una hubo alta y en otra, baja concentración, entonces se aplicó la ley de Beer-Lambert, al fijar una longitud de onda específica con una intensidad luminosa determinada, sobre ambas muestras, cuyo haz de luz es sensible al soluto disuelto en las referidas muestras.

Entonces las moléculas de ambas muestras absorbieron parte de la luz emitida directamente sobre ellas, lo que ocasiona que tras de cada probeta, de forma saliente se emita menos luz que respecto del lado desde donde este entra.

Por lo cual, el mismo procedimiento se aplica a ambas muestras por separado, asumiendo solamente de forma igualitaria, la intensidad del haz de luz emitida de forma entrante sobre cada muestra. Por lo cual, la intensidad de luz resultante o saliente de cada recipiente fue diferente debido a que las concentraciones de soluto, siendo mayor en una que otra, capturaron luz en proporción a cada concentración de soluto. Por lo cual, tiende a cumplirse que, $I_2 > I_1$, es decir, al existir diferentes concentraciones.

Finalmente, las mediciones recaen en el término de transmitancia, es decir, la cantidad de luz transmitida según el nivel de cantidad de luz que logró atravesar el recipiente de prueba, entre la intensidad de luz que se hizo incidir sobre el mismo. Siendo que en aquellos elementos en los que se halló mayor concentración, el coeficiente será menor que en la muestra que con menor concentración.

Igualmente, de la transmitancia derivó la absorbancia, siendo aquel coeficiente que determina el nivel de transmisión del haz de luz sobre las muestras. Siendo inversamente proporcional a la transmitancia, dado que si se transmite mucho haz de luz, es porque existen bajas concentraciones capaces de absorber mucha de ella; sin embargo, si se transmite escasa luz, es porque existe un alto contenido concentrado en la muestra. Este último parámetro, matemáticamente se expresa como el logaritmo negativo de la transmitancia de base 10.

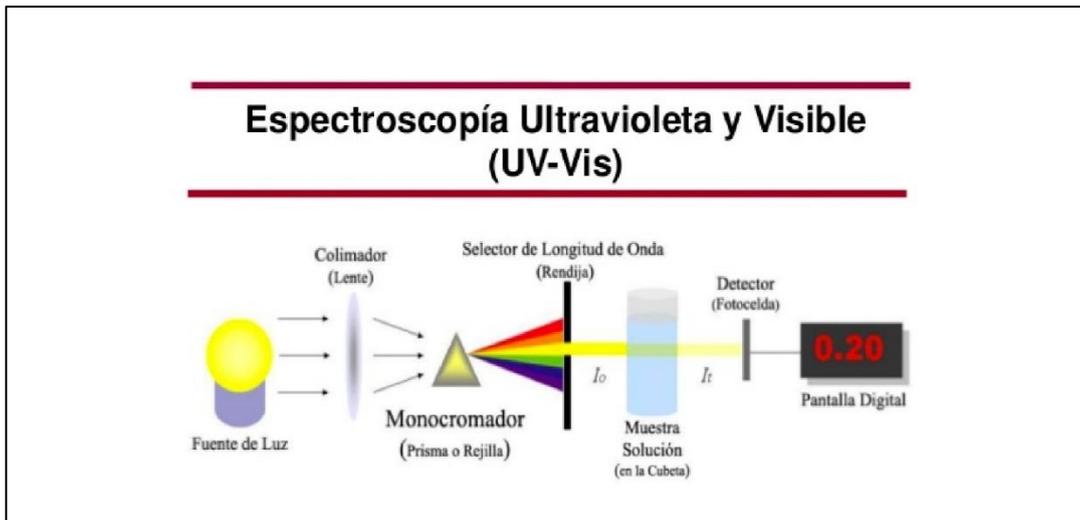


Ilustración 3-18: Desglose de etapas del proceso de espectrofotometría UV-VIS.

Fuente: (COMINTEC, 2023).

Absorbancia es proporcional a la longitud que tiene que atravesar la luz por o como producto con la concentración molar de la solución, o también, se expresa como la constante de ϵ que depende de la solución o soluto que se usa dentro de la muestra, como de la presión, temperatura y demás factores incidentes directamente sobre la misma, o también expresado como, $\text{Absorbancia} = K$, constante de ϵ , por la longitud que atraviesa la luz, por la concentración del soluto. Finalmente, este coeficiente resultante, es comparado con los niveles dispuestos en la norma NTE INEN 2176, para aprobar o rechazar dichas concentraciones respecto de la calidad e inocuidad de estas para el consumo humano.

Materiales:

- Balones aforados de 100 ml.
- Pipetas.
- Beakers.
- Embudo de separación.
- Celdas de muestra.

Proceso de preparación de las muestras:

- Un embudo de separación de 500 ml se llena con 350 ml de la muestra a analizar.
- Se realiza un lavado al frasco original que contenía la muestra. Este lavado debe hacerse, agitando el mismo de arriba abajo y de lado a lado varias veces durante al menos 30 seg.
- Se agita vigorosamente el embudo de separación durante al menos 30 seg.
- Se deja reposar esta mezcla durante 10 minutos.
- Se colectan 25 ml de extracto en la celda de muestra, respecto a cada elemento.

- Se introduce el número de procedimiento programado para el agua mineral.
- Se selecciona en la pantalla una longitud de onda de $N \text{ nm}$, de acuerdo con cada elemento.
- Se coloca la celda de blanco en el portacelda y se cierra.
- Se inicia el dispositivo.
- Se retira la celda anterior y se coloca la celda de muestra, la cual contiene el extracto para el que se desea determinar la concentración.
- Se pulsa la tecla READ, 4 veces consecutivas tomando cada una de las lecturas que el equipo da al hacer esto. El cálculo de concentración debe hacerse sobre él.

Finalmente, la variante de UV-VIS del método espectrofotométrico, fue aplicado a la siguiente serie de elementos químicos entre las muestras, acuñando las siguientes características:

Tabla 3-7: Elementos analizados según método UV-VIS

Elemento	Descripción del elemento	Rango de absorbancia
Borato (B)	El borato, cuyo número atómico es 5, de color característico negro azabache, es conocido por su comportamiento no metálico, el cual se presenta con dureza y quebradizo y distribuido en el 0,001% de la corteza del planeta (Reyes & Roman, 2022).	220 nm.
Cianuro (Cn)	El cianuro, se presenta como un polvo de color blanco, con olor semejante a almendras amargas, posee un punto de fusión de 563 °C y uno de ebullición de 1.496 °C. Es críticamente letal, y se encuentra con regularidad en la naturaleza, a través de insectos, plantas en desarrollo las cuales lo adoptan como un sistema de protección y en diversos microorganismos (Reyes & Roman, 2022).	578 nm
Fluoruro (F)	El flúor, cuyo número atómico es 9, con valores de peso y número atómicos, relativamente escasos comparado con el resto de los elementos de la tabla periódica, el cual se encuentra distribuido en el 0,065% de la corteza del planeta. (Reyes & Roman, 2022).	200 nm
Nitrato (NO₃) y Nitrito (NO₂)	Es un compuesto químico originado de la combinación de tres átomos de oxígeno y uno de nitrógeno, en el caso del nitrato y dos átomos de oxígeno en el caso del nitrito. El mismo puede ser consumido por los humanos a través de espinacas y lechugas, además del agua de consumo (Reyes & Roman, 2022).	220 nm.
Nitrito (NO₂)	Posee referencias ampliamente semejantes al nitrato (NO ₃).	220 nm.

Realizado por: Apulalo Y., 2024

3.7.3 *Parámetros microbiológicos*

El método de filtración en membrana para la determinación de coliforme totales y *E. coli* en el análisis de agua se basa en la filtración de una muestra directa o una alícuota de la muestra a

través de una membrana de celulosa que retiene los organismos, colocando la membrana ya sea en un medio de cultivo selectivo de agar lactosado o en un cojinete absorbente saturado con un medio líquido.

Los microorganismos de *Escherichia coli*, *coliformes totales* y *Streptococos fecales*, indican generalmente una contaminación directa o indirecta de origen fecal. E. considerándose como indicadores clásicos de la posible presencia de patógenos entéricos en el agua. Es un procedimiento por el cual una reacción negativa excluye la presencia de *Streptococos fecales*, mientras que una reacción positiva indica su presencia inequívocamente.

La descripción del principio del *Escherichia coli*, corresponde el medio que contiene peptona, piruvato, sorbitol y buffer de fosfato que garantiza el crecimiento de las colonias. Al mismo tiempo, combinado con Tergitol, no interfiere con el crecimiento de las bacterias coliformes. Identifica bacterias del grupo de las coliformes debido a que consumen sustratos, de tal modo que las colonias coliformes se observan de color rojo y colonias de color azul oscuro a violeta por contener enzima β -Dglucoronidasa.

En cuanto al principio descriptivo de los coliformes totales, cuando se observe crecimiento bacteriano con producción de gas a las 24 h ó antes, la presencia de bacterias coliformes fecales quedara confirmada y para el cálculo del NMP de coliformes totales o colimetría, se contabilizarán como positivos aquellos tubos de la serie que hayan dado prueba de confirmación positiva. Las aguas aptas para consumo humano deben tener ausencia de coliformes tanto totales como fecales en un mínimo de 100 ml de agua analizada.

Respecto a la descripción de los *Streptococos fecales*, la misma corresponde a la determinación del número de estreptococos mediante siembra de distintos volúmenes del agua a analizar en series de tubos conteniendo medio de cultivo líquido glucosado con agentes inhibidores selectivos e incubación a temperatura adecuada. El procedimiento comprende las pruebas: presuntiva y de confirmación de *Streptococos fecales*. Estas, responden a aquellas bacterias cocáceas Gram positivas, aerobias o anaerobias facultativas, catalasas negativas, que fermentan la glucosa con producción de ácido a 37 °C, en un tiempo máximo de cuarenta y ocho horas.

La descripción de las *Pseudomonas aeruginosa*: posee bactopectona la cual permite el crecimiento, además contiene cloruro de magnesio y sulfato de potasio que estimulan la producción de piocianina, pigmento característico de estas bacterias. Para observar la producción de estos pigmentos es necesario irradiar la caja con luz UV. Condiciones: incubar a 35 durante 18-24 horas.

Respecto, de las bacterias anaerobias sulfato reductoras, se encuentran los microorganismos que sólo pueden crecer a bajos potenciales redox, y algunos únicamente crecerán en ausencia de oxígeno, los cuales sirven de indicador de contaminación telúrica remota por la presencia de esporas resistentes. Al hacer recuento hay que partir del principio de que una espora da lugar a una colonia en el medio de cultivo.

El recuento de gérmenes en filtros de membrana se basa en la propiedad que tienen estos filtros de permitir el paso rápido de grandes volúmenes de soluciones acuosas y de retener las bacterias existentes en éstas. Las bacterias retenidas en el filtro pueden cultivarse posteriormente colocando este sobre un disco de papel absorbente, el cual ha sido saturado con un medio de cultivo líquido. Los nutrientes del medio de cultivo pasan a través de los poros de membrana, permitiendo de esta forma, el crecimiento de las bacterias, y la formación de colonias visibles. Normalmente se utiliza esta técnica en el análisis bacteriológico de aguas y bebidas, y cuando se sospeche un número bajo de gérmenes.

La determinación de los parámetros microbiológicos, fue realizada a través de la técnica de filtración por membrana, la cual pone de manifiesto la detección de las bacterias referidas en la tabla N° 4, los cuales son parte de la comprobación de la calidad del agua, a través de los organismos termotolerantes y coliformes, el cual consiste en la filtración de soluciones o diluciones decimales del agua a través de una membrana de ésteres de celulosa cuya medida corresponde a 0,45 micro milímetros de diámetro, para retención de dichos organismos, y de esa manera ser dispuesta en un medio de cultivo selectivo específico de acuerdo a los microorganismos que se desee analizar y aislar, en función del volumen de la muestra, previa a la incubación.

La realización del referido procedimiento debió contemplar los siguientes pasos previos, para el aseguramiento de las condiciones requeridas a nivel de laboratorio y propiciar resultados correctos sin mayores alternaciones externas:

- No deben evidenciarse burbujas de aire entre el medio analizado y la membrana.
- Se pueden desinfectar los volúmenes de menor proporción, cuando las muestras son diferentes a nivel de volumen, pero siendo la misma muestra. Se puede reutilizar el equipo sin ser desinfectado.
- No es una condición imprescindible la desinfección de la base del filtro, durante la filtración de las muestras, con la excepción de que se dañe la membrana o se evidencie contaminación de esta.
- Para filtrar diferentes tipos de muestra, se debe desinfectar apropiadamente el equipo o usar otro equipo de filtrado.

Finalmente, el procedimiento consistió en duplicar las muestras de los organismos en cuestión en un ambiente estéril (enjuagar los elementos de trabajo con dilución estéril), en el cual, debe disponerse la cuadrícula de la membrana de forma visible con la ayuda de pinzas de punta redonda, y colocarla encima de un embudo fijado con suficiente fuerza. Antes, la muestra debe agitarse con fuerza y verter 100 ml para ser filtrados en el vacío. Posteriormente la membrana es colocada en una caja de Petri, el cual contiene el medio de cultivo selectivo.

A continuación, la descripción del procedimiento en cuestión:

- Tomar la temperatura de las muestras, las cuales, una vez ya ingresadas al laboratorio no debe exceder los 10 °C para iniciar con los análisis. Es importante la previa desinfección del equipo de filtración, el cual consiste en una bomba de vacío, un manifold donde se colocan los dispositivos de filtración, un recipiente o kitazato para el agua una vez filtrada, mientras la desinfección se puede llevar a cabo con hipoclorito de sodio.
- Una vez listos los equipos y los insumos se procede a filtrar el agua de las muestras recolectadas se vierte 250 ml y 100 ml respectivamente de agua en el equipo de filtración los envases deben ser estériles y desechables
- Posteriormente se procede a encender el equipo y abrir la llave de cada muestra para llevar a cabo la filtración del contenido de cada muestra, después de unos minutos cerrar la llave y verificar que toda la muestra de agua haya sido filtrada para finalmente apagar el equipo.
- Extraer la membrana con pinzas esterilizadas en autoclave y colocarla en un plato Petri pequeño con un medio de cultivo específico a cada parámetro a analizar.
- Situar el plato Petri completamente cerrado e invertido en la incubadora a la temperatura adecuada según el microorganismo a evaluar.

Respecto a la *Escherichia Coli* y *Coliformes totales*, las mismas debe incubarse, para que resulten colonias E. Coli de color azul oscuro o violeta, mientras que los coliformes totales son colonias de color rojo, en un medio de cultivo de agar MacConkey II con sorbitol y Chromocult respectivamente, colocar un filtro de membrana estéril sobre el soporte de filtración. Adaptar el embudo y conectar el matraz a una bomba eléctrica de vacío. Filtrar 250 ml de muestra si se trata de agua previamente homogeneizadas. Lavar con unos 30 ml de agua destilada, retirar el embudo. Mediante las pinzas esterilizadas, transferir la membrana filtrante sobre el medio de cultivo contenido en una placa de Petri, de modo que la superficie de filtración quede hacia arriba. Cerrar e invertir la placa e incubar en condiciones de 44°C (+/-1°C) durante 24h (+/-2h).

Respecto al procedimiento del *Streptococos fecales*, previamente la muestra debe encontrarse protegida de la luz directa, y preferiblemente, en condiciones de temperatura ambiente, previo a la inoculación. La muestra es analizada a través de hisopos en solución salina estéril de 0,5 ml, la

cual se agita durante un tiempo aproximado de 20 segundos, obteniendo así, de forma inmediata, la inoculación, después se filtran 250 ml del agua a analizar previamente homogeneizada y se coloca el filtro de membrana sobre el medio de Slanetz y Bartley y se incuban las placas a 37°C durante 48 h y los resultados son colonias que muestren un color rojo, marrón o rosado.

En cuanto al proceso de determinación de las *Pseudomonas*, se utilizaron pinzas esterilizadas a la llama, se colocó un filtro de membrana de celulosa estéril de 0,45 µm sobre el soporte de filtración, al que posteriormente se coloca un embudo de plástico estéril, se homogenizó la muestra mediante agitación y se filtró por vacío. Posteriormente se retiró el embudo, y con las pinzas esterilizadas a la llama se transfirió la membrana sobre el medio de cultivo de agar selectivo BD Pseudoseel Agar (agar cetrimida) localizado en una placa de Petri, colocando la superficie de filtración hacia arriba. La placa, cerrada e invertida, se incubó a la temperatura correspondiente.

Los elementos usados para el filtrado fueron estériles. Se filtraron a través de membrana 100 mL por duplicado para el análisis de las muestras, incubándose las membranas dispuestas sobre agar cetrimida a 37±1°C durante 48 h. Se caracteriza por producir una variedad de pigmentos, como la piocianina (de color azul verdoso), la pioverdina (pigmento fluorescente de color verde amarillento) y la piorrubina (de color rojo).

Respecto de las bacterias sulfato-reductoras, la determinación de estas comprende un complemento analítico de la detección de coliformes respecto a la calidad sanitaria del agua, sobre todo en flujos de la misma con abundante materia orgánica en suspensión; la cual evidenció mayor resistencia presencial de acuerdo a los coliformes totales y fecales con un índice de $1,0 \times 10^0$, tanto para el mes de junio, como en el mes de julio. Para el aislamiento mediante cultivos selectivos de las bacterias sulfatos reductores, se requirieron tomas refrigeradas durante 48 horas, para posteriormente realizar el recuento teniendo en cuenta un plazo de 4 a 5 días, como máximo.

Este indicador es esencial para la determinación de agentes biológicos resistentes en el agua como parte del análisis del factor inocuo, el crecimiento de las bacterias de sulfitos, al crear cultivos, consistió en la aplicación de la normativa UNE-EN ISO 14189:2017, iniciando con el pretratamiento para seleccionar las esporas y posteriormente calentar un volumen superior a lo necesario respecto a la muestra, considerando la aplicación de calor hasta alcanzar $60 \text{ °C} \pm 2\text{°C}$ durante 15 ± 1 min. Posteriormente, el agua es filtrada en un volumen de 100 ml en TSC Agar, obteniendo diluciones, emplean los siguientes elementos:

- 500 g de TSC Agar base (CM0587B).
- 2 viales de Suplemento Selectivo de TSC (SR0088E).

- 4 placas de Agar TSC de Tryptose Sulfite Cycloserine.
- 2 x 100 ml de TS Agar sin cicloserina.

Posteriormente, la incubación ocurre de forma anaeróbica, a través de la fijación de 44 °C sobre la muestra y a ± 1 °C, durante 21 a ± 3 h, aplicando una unidad de AnaeroJar de 2,5 L y 2 sobre de AnaeroGen de 2,5 l.

El recuento de los perfringens presuntivos, ocurre con el conteo de colonias que evidencian coloración de marrón amarillento o gris con tonalidad negra. Al obtener, dos colonias de acuerdo con las características descritas fueron subcultivadas en colonias agar sangre, de acuerdo con el protocolo PB5039A, e incubados a anaeróticamente a $36 \text{ °C} \pm 2\text{°C}$, durante $21 \text{ h} \pm 3\text{H}$. Finalmente, la selección de colonias crecidas de forma anaeróbica tras realizada la prueba de fosfata ácida TN1519 70 Test, utilizando papel de filtro, estipuló el análisis de los organismos de forma positiva, al hallar el cambio de coloración previa a tonalidades violáceo de color rojo oscuro a marrón, de acuerdo con el reactivo suministrado, durante 3 a 4 minutos.

CAPÍTULO IV

4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Según los resultados de la presente investigación se procede con la realización de un análisis exploratorio de datos para cada uno de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras levantadas en campo.

4.1. Parámetros físicos

La determinación de las muestras de parámetros físicos fue realizada a través dos tomas, mediante cinco repeticiones de cada uno de ellos, es decir, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, logrando sintetizar de acuerdo con el método estadístico de análisis de medidas de tendencia central a través de datos agrupados, proporcionando las siguientes tabulaciones paramétricas:

Tabla 4-1: Estadísticas de parámetros físicos.

	<i>Temperatura</i> °C	<i>Conductividad</i> μS/cm	<i>Sólidos Disueltos (ppm)</i>	<i>PH</i>
Media	15,35	564	277,27	5,73
Mediana	15,4	565,5	279	5,76
Moda	13,9	603	283	5,75
Desviación estándar	1,46	31,73706633	15,24	0,18
Rango	5,4	113	59	0,85
Mínimo	13	490	242	5,35
Máximo	18,4	603	301	6,20
Coefficiente de Variación (CV)	9,51%	5,63%	5,50%	3,12%

Realizado por: Apulalo Y., 2024

Con respecto a los resultados de la tabla 1-4, se puede establecer que el promedio de temperatura ronda los 15.35 °C, donde el 50% de las temperaturas se encuentran por debajo de los 15.40 °C y la temperatura que se ha repetido mayormente son los 13.90 °C. La dispersión de los datos con respecto al promedio previamente mencionado es de ± 1.46 °C. Se ha determinado también que la temperatura máxima determinada es de 13 °C mientras que la temperatura máxima es de 18.4 °C, determinando una diferencia de temperaturas de 5.4°C en las muestras realizadas. Todo esto define un grado de dispersión adecuado para los datos recopilados, con una dispersión de 9.51% con respecto al promedio. Con los estadísticos previamente definidos, se ha establecido que la

temperatura a la que se mantiene el agua mineral mantiene un ambiente fresco el cual no tiene muchas variaciones de la tendencia central de la temperatura.

Sobre la conductividad eléctrica del agua mineral se ha determinado que los datos tienen a 564 mS/m, mientras que el 50% de los registros se definen menores o iguales a 565,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el registro que más se repite es de 603 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La desviación de los datos con respecto al promedio es de 31,73 $\mu\text{S}/\text{cm}$ por lo que se puede definir que no existe mayor dispersión de los datos de conductividad (tomando en cuenta las magnitudes en las que se mide este parámetro), lo que se corrobora con el bajo CV calculado (5,63%).

En cuanto a la cantidad de sólidos totalmente diluidos (TDS) se ha podido observar un promedio de 277,27 mg/l, con una mediana de 279 m/L (el 50% de los registros se encuentran por debajo de este valor) y el registro de sólidos más repetido es de 283 mg/L. Se observa que es un rango adecuado de TDS para fuentes de agua mineral, donde la poca variabilidad entre estimadores de tendencia central de los datos indicaría normalidad de los datos, por lo tanto, una leve dispersión de los registros, corroborado con el CV menor al 10% calculado para este parámetro.

Con respecto al pH de las muestras recolectadas, la tendencia del pH es de 5.73 puntos, donde el 50% de las muestras resultan ser menores a 5.76 puntos y el valor que más se repite son las muestras con pH de 5.76 puntos. Los datos se dispersan en una cantidad mínima con respecto al promedio (0.18 puntos) lo que denota homogeneidad en los datos, sumado al bajo coeficiente de variación de 3.12%.

A continuación en la tabla N° 4 - 2, fueron calculados y comparados los coeficientes de correlación de Pearson respecto a cada uno de los parámetros físicos evaluados entre sí, demostrando la relación lineal existente.

Tabla 4-2: Correlación de Pearson con respecto a los parámetros físicos.

	<i>Temperatura</i>	<i>Conductividad</i>	<i>Sólidos Diluidos</i>	<i>PH</i>
Temperatura	100,00%			
Conductividad	23,04%	100,00%		
Sólidos Diluidos	5,51%	62,52%	100,00%	
PH	11,53%	54,11%	42,63%	100,00%

Realizado por: Apulalo Y., 2024

De acuerdo con la tabla 2-4 se puede determinar que la Conductividad Eléctrica tiene una relación lineal directamente proporcional moderada y significativa con la cantidad de Sólidos Totalmente

Diluidos (62.52%), lo que indica que mientras mayor sea la conductividad del agua, tiende a ser mayor la cantidad de TDS en el agua de fuente mineral de Santa Teresita.

Adicionalmente se observa que la relación lineal entre la Temperatura con la Conductividad y Solidos Diluidos es leve y directamente proporcional (23.04% y 5.5% respectivamente), con lo que se puede inferir que a mayor temperatura se observe ligeramente el mismo comportamiento en relación con el parámetro de conductividad y de solidos del agua.

En cuanto al pH, se ha podido determinar una relación moderada directamente proporcional con la cantidad de solidos diluidos y con los datos de conductividad de las muestras levantadas (42.63% y 54.11% respectivamente).

A continuación, en el gráfico 1-4, fueron representados gráficamente los promedios de los parámetros físicos entre ambos meses de junio y julio, a fin de establecer la relación de semejanza entre ellos.

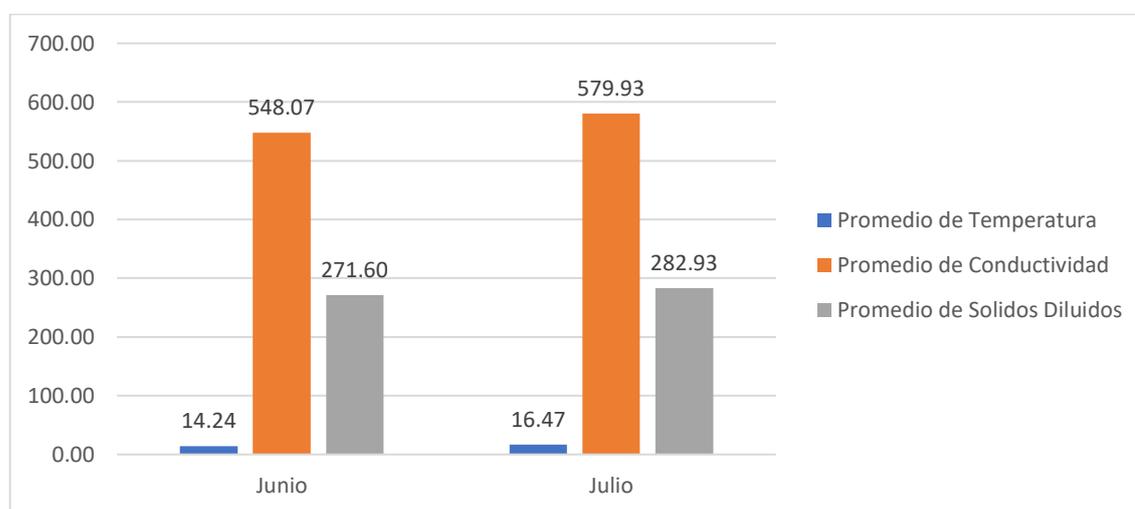


Ilustración 4-1: Parámetros físicos por mes.

Realizado por: Apulalo Y., 2024

Para la determinación de los elementos dispuestos en el gráfico 1-4, se consideraron la totalidad de los elementos en la distribución de datos, en cada una de las repeticiones de ambas tomas mensuales, para finalmente proceder a la determinación de la media aritmética, de cada uno, siendo estos, temperatura, conductividad y solidos disueltos totales. Entre estos valores se hallaron valores correlacionales entre sí, tomando en cuenta las repeticiones de la primera ronda de toma de muestras de los meses de junio y julio, evidenciándose diferencias notables. Las estipulaciones señaladas, fueron las mismas aplicadas para la determinación de los valores resultantes.

Se ha determinado que la temperatura promedio de las muestras en el mes de junio se ha calculado en 14.24 °C y para el siguiente mes hubo un incremento a 16.47°C. El mismo comportamiento se observa para la Conductividad eléctrica donde las muestras tomadas en el mes de junio han definido un promedio de 548.07 µS/cm y para el mes de julio se ha incrementado a 579.93 µS/cm; al igual que sucede con la cantidad de solidos totalmente diluidos donde se ha determinado un incremento de 271.60 mg/L a 282.93 mg/L. Con esto se puede determinar que las variaciones entre muestras de estudio se incrementan levemente en el transcurso de junio a julio, sin que este cambio resulte importante para las condiciones de la calidad del agua mineral de Santa Teresita.

Se ha determinado que la temperatura promedio de las muestras en el mes de junio se ha calculado en 14.24 °C y para el siguiente mes hubo un incremento a 16.47 °C, lo que resultó en un aumento de 2,23 °C. El mismo comportamiento se observa para la conductividad eléctrica donde las muestras tomadas en el mes de junio han definido un promedio de 548.07 µS/cm y para el mes de julio se ha incrementado a 579.93 µS/cm, es decir, un aumento de 31,86 µS/cm; al igual que sucede con la cantidad de solidos totalmente diluidos donde se ha determinado un incremento de 271.60 mg/l a 282.93 mg/l, es decir, un aumento de 11,33 mg/l.

Por otro lado, en la figura N° 2 - 4, fueron evidenciadas las relaciones muestrales en las tres etapas de cinco tomas, respecto de los factores físicos evaluados, a fin de establecer la relación muestral promedio en cada repetición.



Ilustración 4-2: Parámetros físicos por muestra

Realizado por: Apulalo Y., 2024

Por otra parte, con relación al gráfico 2-4, se ha podido observar un decremento en todos los parámetros entre las diferentes muestras, donde la temperatura de la muestra 1 es levemente mayor que la temperatura 2 y está que la temperatura 3, es decir, un rango de 15,04 a 15,84; lo que es igual a 0,80 °C. En cuanto a la conductividad eléctrica de las muestras, la muestra 1 tiene

un mayor rango de este parámetro, seguido de la muestra 3 y muestra 2, es decir, un rango entre 567,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 562,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que es igual a una brecha de 5,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No obstante, para los sólidos totalmente diluidos se incrementan de una manera sustancial entre la muestra 1, 2 y 3, evidenciándose un rango entre 282,10 mg/l y 271,30 mg/l, lo que es igual a una brecha de 10,80 mg/l.

4.2. Parámetros químicos

Para finalizar los análisis respecto de los elementos químicos estudiados, en este caso, aquellos presentes en las muestras de agua tomadas, destinadas para el consumo humano, fue determinada la relación de comparación entre los límites permisibles por la norma INEN 2176 y los valores evidenciados en las muestras de los resultados de laboratorio.

Tabla 4-3: Permisibilidad de elementos químicos de las muestras

Parámetros	Límite	Junio		Julio	
Antimonio	0,005	0,020	No permisible	0,010	No permisible
Arsénico	0,010	0,010	Permisible	0,020	No permisible
Bario	0,700	0,700	Permisible	0,700	Permisible
Borato	5,000	7,330	No permisible	7,330	No permisible
Cadmio	0,003	0,004	No permisible	0,004	No permisible
Cromo	0,050	0,450	No permisible	0,450	No permisible
Cobre	1,000	0,220	Permisible	0,220	Permisible
Cianuro	0,070	0,010	Permisible	0,010	Permisible
Fluoruro	1,500	0,690	Permisible	0,690	Permisible
Plomo	0,010	0,005	Permisible	0,005	Permisible
Manganeso	0,400	0,300	Permisible	0,300	Permisible
Mercurio	0,001	0,001	Permisible	0,001	Permisible
Níquel	0,020	0,100	No permisible	0,100	No permisible
Nitrato	50,00	1,000	Permisible	1,000	Permisible
Nitrito	0,100	0,039	Permisible	0,039	Permisible
Selenio	0,010	0,010	Permisible	0,010	Permisible

Realizado por: Apulalo Y., 2024

En primera instancia, cabe destacar que los resultados obtenidos entre los meses de junio y julio para cada elemento químico tabulado, correspondió a los procedimientos de determinación por fotometría de absorción atómica y UV-VIS, los cuales fueron previamente explicados en la sección de metodología para cada particular, cuyos resultados fueron comparados con la norma NTE INEN 2179:2011.

Respecto al balance entre apreciaciones destacadas en un mes único, se ha determinado que únicamente en los parámetros referentes a Arsénico tuvieron una variación del límite permisible a un valor no permisible correspondiente al mes de julio, mismo efecto que no se halló en junio esto se debe a la variación que sucede en el clima ya que la vertiente se encuentra expuesta a cualquier cambio climático en el mes de junio se observó un clima frío y lluvioso en el mes de julio un clima seco la lluvia fue escasa, además en este mes se pudo apreciar la presencia de algas y basura orgánica.

Hallazgos no permisibles respecto a la norma: los parámetros referentes al Antimonio, Borato, Cadmio, Cromo y Níquel se mantienen en un nivel no permisible en ambos meses en estudio. Los valores detectados establecen una amenaza crítica para la salud humana de consumir el agua mineral en cuestión, entre los diferentes elementos químicos los cuales superaron los rangos permisibles, estos pueden acarrear trastornos funcionales a nivel del sistema digestivo, cardiorrespiratorio, alteraciones neurológicas, erupciones cutáneas, y en los peores casos, puede ser mortal. En este sentido, el análisis establece que el agua mineral estudiada requiere de los protocolos de tratamiento suficientes para inhibir el índice de los elementos no asimilables por el organismo.

Hallazgos permisibles respecto a la norma: en cuanto a los parámetros del Bario, Cobre, Cianuro, Fluoruro, Plomo, Manganeso, Mercurio, Nitrato, Nitrito y Selenio, se mantienen dentro de rangos permisibles. Dichos valores no representan ningún tipo de afectación a la salud humana por encontrarse dentro de los rangos de consumo.

4.3. Parámetros microbiológicos

La población bacteriana contenida en un volumen conocido de agua se concentra al ser retenida en una membrana filtrante. El mecanismo de filtración ha de asegurar una distribución homogénea de esa población por toda la superficie de la membrana, por lo cual, utilizando el mismo embudo para cada muestra se efectuaron las filtraciones para cada indicador. En caso de que se requiera efectuar diluciones para obtener alguna alícuota.

Tabla 4-4: Determinaciones microbiológicas del agua mineral

Determinaciones	Unidades	Método	Límites	Resultados	
				Junio	Julio
<i>Escherichia coli</i>	UFC/250ml	Filtración en membrana	1	Ausencia	Ausencia

Determinaciones	Unidades	Método	Límites	Resultados Junio	Resultados Julio
<i>Coliformes totales</i>	UFC/250ml	Filtración en membrana	1	Ausencia	Ausencia
<i>Streptococos fecales</i>	UFC/250ml	Filtración en membrana	1	Ausencia	750UFC/250ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	UFC/250ml	Filtración en membrana	1	Ausencia	Ausencia
<i>Bacterias anaerobias reductoras de sulfito</i>	UFC/100ml	PEEMi/LA/39 UNE EN ISO 14189	1	1,0 x 10 ⁰	1,0 x 10 ⁰ /100ml

Realizado por: Apulalo Y., 2024

A continuación, fueron dispuestos los resultados del análisis microbiológico en función del uso de la filtración del agua mediante membrana, destacando los límites y la detección de los referidos organismos entre los meses de junio y julio, en la tabla 4-4:

De acuerdo con la tabla N° 4 - 4, para el análisis microbiológico, se consideró el estudio para la detección de presencia de las bacterias denotadas en la columna de determinaciones mediante cultivo de estas. En dicho análisis se emplearon unidades formadoras de colonias a razón de 250 ml y 100 ml por cada microorganismo a analizar, empleando el método de filtración por membrana, donde se consideró un límite unitario para cada análisis de acuerdo con el muestreo tanto del mes de junio, como de julio.

Al observar el desarrollo de la experimentación las colonias de *Escherichia coli*, estas no evidenciaron reacción alguna respecto a brillo metálico verdoso, en ninguna de las muestras sometidas, para los meses en cuestión, entendiéndose por despeje microbiano o inexistencia de la presencia de este en las muestras.

Respecto de los *coliformes totales*, la experimentación no evidenció la producción de gas en ninguno de las placas, se apreció la acción de turbidez, considerando volúmenes iguales respecto a las muestras, y teniendo cuenta las repeticiones asimiladas, sin variabilidad significativa de los resultados.

La interacción resultante de los *Streptococos fecales*, consistió en una diferenciación colonial, a través de colonias de color rosa o rojo ladrillo, debido a la reducción del cloruro de trifeniltetrazolium (TTC), previa a la aerobiosis de 37° C en 48h, seguidamente en el recuento de colonias se hallaron 75 colonias en una sola dilución de 1 a 10 arrojando de esta manera 750

UFC sobre 250 ml estando contaminadas por residuos fecales, posiblemente producto de la presencia de animales, en la mayoría de los casos, la transmisión de estos microorganismos ocurre por la vía fecal-oral, especialmente por la ingesta de agua contaminada. La ingesta del agua con la presencia de *Streptococos fecales* pueden ser causantes de problemas de salud como infección tienen mayor riesgo de desarrollar enfermedades infecciosas gastrointestinales (Adherencias Abdominales, Apendicitis, Cálculos biliares, Diarrea).

Respecto de la actividad de las bacterias *Pseudomonas aeruginosa*, las mismas fueron descartadas bioquímicamente, tras no hallarse presencia en la prueba de filtración, la cual fue corroborada al aplicar la irradiarlas con luz ultravioleta, no se observó coloración verde fluorescente, descartando así la producción de piocianina, anulando la prueba respecto a la existencia de los microorganismos. Aun así, tras añadir a la colonia resultante, una gota de peróxido de hidrógeno al 11% para analizar la reacción de catalasa, no resultó efervescencia alguna.

En cuanto a las bacterias reductoras de sulfito, el agua destinada al uso doméstico contiene menor cantidad de microorganismos que las aguas de extracción industrial, sin embargo, no es extraño encontrar bacterias de corrosión en agua potable, las cuales pueden provenir del sitio de bombeo o de las tuberías mismas en el momento de la instalación de éstas. Se les encontrará bajo las capas de herrumbre que se hallan en contacto con el metal debido a que son anaerobias. Por lo tanto, en las muestras apreciadas y analizadas, no fueron halladas de forma suficiente, colonias de bacterias capaces de transformar los sulfatos en ácido sulfhídrico, el cual se combinará con las sales ferrosas en el río de la comunidad de Santa Teresita.

La superficie filtrante es, a la vez, la superficie de cultivo y constituye una limitación para el desarrollo colonial a partir de un determinado número de UFC, mientras el tamaño de las colonias también acota el número máximo de éstas que puede albergar una membrana filtrante. En consecuencia, para cada medio de cultivo y cada microorganismo se establece un recuento máximo admisible según el tamaño de la superficie filtrante, por lo que por encima de este valor no se desarrollan todos los microorganismos que se pretende contar y las colonias obtenidas no mostrarán plenamente la morfología diferencial deseada, que para los límites de recuento establecidos para cada medio se escoge la placa más adecuada.

Finalmente, se demostró la ausencia entre los parámetros microbiológicos de *Escherichia coli*, *Coliformes totales* y *Pseudomonas aeruginosa* en las muestras evaluadas en los meses de junio y julio. Se puede mencionar que solamente los *Streptococos fecales* vieron una variación, puesto que en el mes de junio se encontraban ausentes, mientras que para el mes de julio se incrementaron a 750 unidades por cada mililitro, siendo esta la única demostración bacteriana viable, es decir,

no se formaron colonias microbiológicas, ni se presentaron reacciones respecto a las bacterias descritas, a excepción de los *Streptococos fecales* captados en el mes de julio. Aunado a esto, dentro del rango de organismos microbiológicos analizados, solo se detectaron evidencias de actividad de colonias de forma significativa, en el 20% de las muestras, correspondiendo a los organismos sulfato-reductores.

4.4. Discusión

De acuerdo con los resultados del análisis previo, el cual se encuentra enmarcado en evaluar la calidad del agua mineral en la comunidad Santa Teresita de la parroquia de San Juan, cantón Riobamba, se han encontrado varias investigaciones realizadas en lugares con climas similares y que tenían un problema de investigación que concuerda con el del presente estudio.

Un estudio menciona que se aplica un análisis multifactorial de incidencia sobre el consumo del agua potable en sectores con menos de 150000 habitantes, uno de los constructos y variables en estudio fue la calidad del agua tomando en cuenta el indicador del gestión y calidad (INGECAP) y las percepciones organolépticas del agua. Los principales hallazgos sobre calidad del agua indican que el olor, color, sabor y presencia tiene una relación significativa e inversamente proporcional al INGECAP. Sumado a estos resultados se presentan los valores de este indicador donde se observa que, en Chambo, Quimiag, Guano, Cubijés, Columbe, Guamote se presenta indicadores aceptables, por lo que se infiere componentes microbiológicos en bajas cantidades en la red pública de consumo de agua. Estos resultados son contrarios a los encontrados en la presente investigación, sin embargo, denotan que, a mediados de la década pasada, la calidad del agua referente a aspectos microbiológicos no representaba un problema (Arellano y Lindao 2019, p.1).

Con el afán de contrastar lo previamente mencionado, se analiza un estudio donde aplican un monitoreo de la calidad del agua en la cuenca del Río Chambo y enfocado en el cantón del mismo nombre, en la provincia de Chimborazo, tomando muestras directamente del río y de cisternas para consumo las cuales llegan directamente de sus afluentes. El primer hallazgo interesante de esta investigación denota que las muestras tomadas directamente del río cumplen con los parámetros de estándar propuesto por Apha y Awwa, no obstante, las muestras de cisternas evidenciaron la presencia significativa de heterótrofos aeróbicos, y coliformes totales, lo que concuerda con los resultados de la presente investigación, pero notando que en el sector de Chambo, la cuantificación microbiológica no cumplía con los parámetros estándar, mencionando que la calidad de al agua determinada presenta un serio riesgo para la salud de quienes la consumen. En general, entre las propiedades morfológicas, microbiológicas, físicas y químicas se encontró un comportamiento homogéneo a los resultados obtenidos en la presente investigación,

y difieren con los resultados del estudio previamente discutido, por lo que se puede entender que desde mediados de la década pasada y hasta el presente año, ha existido un deterioro de las condiciones microbiológicas de cantones cercanos a las fuentes de agua que se estudian en la presente investigación (Chávez et al. 2021, p.1).

Enfocando la discusión en investigaciones realizadas dentro del cantón Riobamba, se observa el diagnóstico la variación de calidad del agua subterránea mediante indicadores. En este estudio se obtuvieron muestras de 18 pozos del cantón que son utilizados como abastecimiento para zonas urbanas del cantón, encontrando que únicamente dos pozos superan los el límite según la norma técnica para determinar que el agua es aceptable para consumo, y se llegó a la conclusión que 17 de los 18 pozos presentan problemas para el consumo humano detectando como principales problemas la turbidez del agua en la mayoría de los sectores, además de la gran presencia de coliformes fecales e incluso de sólidos totales disueltos. Estos resultados indican que se mantiene el problema microbiológico de calidad del agua encontrado en la presente investigación, e indican adicionalmente, que, en el sector urbano, las propiedades físicas del agua tienen un déficit de calidad y representan un problema a tomar en cuenta para posteriores estudios (Muñoz 2020, p.2).

A continuación, se analiza un estudio que determinó las propiedades importantes que afectan a la calidad del agua en el Río Chibunga del cantón Riobamba, tomando en cuenta puntos de muestreo en sectores rurales. Se analizan metales y las propiedades físicas, las cuales, si bien según el modelo tienen relación significativa para explicar la calidad del agua, según las normas técnicas estos valores no representan mayor riesgo para el consumo humano. Por el contrario, se indica que la presencia de coliformes es extremadamente alta, superando los 30000NMP/100ml en promedio en los diferentes lugares donde se realizó el levantamiento de información, denotando una paupérrima calidad del agua de este afluente, y al tener en cuenta que el estudio realizado se trabaja en sectores rurales del mismo cantón que el estudio discutido, tiene sentido que los resultados sean similares, confirmando la problemática referente a la ingente presencia de coliformes totales que mengua la calidad del agua del sector (Veloz y Carbonel, 2018). Este patrón de datos se observó también, en un estudio previo donde se denota que la presencia de coliformes totales es el principal problema del agua del sector, principalmente en el sector de San Luis (Ramos 2017, p.5).

Refiriéndose al Sector de San Luis, se realizó una primera aproximación a esta problemática donde el punto de vista microbiológico se llegó a determinar cómo problemático para el cantón Riobamba y cantones aledaños, la presencia de material fecal es elevada, con un promedio generalizado del muestreo de 12929 UFC / 100ml. Esto llevo a los investigadores a indicar que el agua no es para para el consumo humano, incluso tras haber cumplido los parámetros físicos

adecuados en las 42 muestras levantadas y analizadas en esta investigación. Estas conclusiones, concuerdan con los resultados de la investigación presente desarrollada (Tierra 2015, p.1).

Para finalizar, se puede discutir claramente que el problema sobre calidad del agua en el cantón Riobamba y sus afluentes o en sectores cercanos, se ha determinado que la presencia de materia y *coliformes fecales* resulta ser un problema que no ha sido atendido de momento, solo estudiado, con lo que se puede observar cierto grado de abandono de las autoridades, o debido a una falta de socialización de los estudios previamente analizados. Independientemente de la conjetura anterior, es de conocimiento público que el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Riobamba y su empresa pública de agua potable y alcantarillado (EP-EMAPAR, s. f.) cuentan con un laboratorio de análisis de calidad del agua, el cual indica “realiza análisis diarios del agua que llega a los domicilios, de manera aleatoria en todas las redes (nueve), constatando las condiciones químicas conforme lo determina la norma INEN”, sin embargo, no fue posible encontrar una referencia bibliográfica o webgrafía que liste algún resultado las actividades realizadas en dicho laboratorio, y como situación más importante se ha llegado a la conclusión que el problema de presencia de *coliformes* en el agua se mantiene e incluso se ha incrementado de manera generalizada en el cantón de Riobamba, y hablando de manera particular en el sector de Santa Teresita.

CAPÍTULO V

5. MARCO PROPOSITIVO

5.1. Propuesta

TEMA: “MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA MINERAL EN LA COMUNIDAD SANTA TERESITA PARA CONSUMO HUMANO”

OBJETIVO General: Mejorar la calidad del agua mineral para consumo humano de la comunidad Santa Teresita para posible embotellamiento y comercialización.

DESARROLLO: El agua mineral de la comunidad Santa Teresita busca la posibilidad de ser embotellada y comercializada por las autoridades del sector para ello hay que tomar en cuenta los parámetros físicos químicos y microbiológicos que se realizaron en dos meses distintos, de esta manera llevar a cabo la posible comercialización esto depende de los resultados que fueron obtenidos en dicha investigación con cada uno de los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 2179:2011. Se presentan algunas opciones de tratamiento y desinfección en función a la calidad de agua, para ello es necesario mencionar que la infraestructura en la que se encuentra la vertiente de agua mineral no es adecuado y por lo cual es necesario implementar un cercado, y un canal ya que debido a la época lluviosa es más propensa a que materia orgánica ,lixiviados entren a la vertiente esto impide que ingresen directamente, por otro lado para el tratamiento de Ph se tiene en cuenta el proceso de alcalinización en cual se adiciona un álcali (por lo general, cal - CaO), cuando se tratan aguas ácidas o se quiere modificar el pH.

Para el tratamiento de los metales la solución más eficiente para su reducción son los sistemas de filtración para absorción de metales pesados Estos equipos están diseñados con un medio filtrante específico que se encarga de eliminar este tipo de metales disueltos en el agua mediante el contacto con esta. Para la remoción del Arsénico se recomienda realizar el método RAOS es un método de tratamiento de muy bajo costo y de fácil manejo para remover el arsénico presente en las aguas naturales este tratamiento se realiza en botellas de plástico, que se exponen al sol por algunas horas. Las botellas se colocan luego en posición vertical durante la noche, para que decanten las partículas de hidróxido de hierro conteniendo el As(V), y luego se filtra a través de paños textiles o algodón.

Como puede deducirse, este método no requiere equipos caros, ni elevados costos de energía. Sólo necesita la acción permanente del sol, y es, por lo tanto, aplicable a regiones con alta

incidencia de radiación diurna, es decir, con más de 3000 horas de sol en promedio por año. U otra opción sería o la coagulación es un método efectivo en la remoción de arsénico. En este método se adiciona un coagulante, como pueden ser cloruro de aluminio o cloruro férrico, y mediante una mezcla rápida por aproximadamente un minuto.

Y finalmente para el controlar de la calidad microbiológica como *Streptococos fecales* y *las bacterias anaerobias de sulfito* es necesario iniciar con un mantenimiento del suministro de agua esto puede eliminar la fuente de contaminación bacteriana, además puede realizarse una cloración de choque que utiliza para desinfectar mediante la introducción de una lata contracción de cloro en el agua durante un periodo breve, adicionalmente se puede completar el tratamiento con la utilización de luz ultravioleta, mismo que puede ser opcional.

Para dicha comercialización es necesario tomar los parámetros fuera de la norma CPE INEN-CODEX CAC/RCP 33 CÓDIGO DE PRÁCTICAS DE HIGIENE PARA LA CAPTACIÓN, ELABORACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LAS AGUAS MINERALES NATURALES y además debe corregirse los parámetros que sobrepasan dicho límite por lo cual es necesario e indispensable realizar este proceso.

CONCLUSIONES

- Se evaluó la calidad de agua mineral en la comunidad Santa Teresita para consumo humano correspondiente a la vertiente de agua mineral ubicada en la parroquia San Juan, en base a las NTE INEN 2179:2011 Agua mineral no envasada en la fuente NTE INEN 2176:1998 Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo, NTE INEN 2169:1998 para manejo y conservación de muestras.
- Se determinó que los elementos químicos como el Antimonio, Borato, Cadmio, Cromo, Níquel no están dentro de los límites de permisibilidad, por otro lado el Arsénico presenta variabilidad en los dos meses siendo permisible a no permisible, en cuanto a los metales restantes: Bario, Cobre, Cianuro, Fluoruro, Plomo, Manganeso, Mercurio, Nitrato, Nitrito, Selenio tienen valores inferiores de acuerdo a la norma utilizada concluyendo de esta manera que las muestras recolectadas y analizadas no cumplen con lo establecido por la NTE INEN 2179:2011.
- El análisis físico del agua en cuanto a la conductividad y sólidos disueltos cumplen con el requerimiento en su totalidad, mientras que la temperatura y pH muestran valores inferiores al límite permitido mientras que el análisis microbiológico se establece que la cuantificación de *Streptococos fecales*, *Bacterias anaerobias reductoras de sulfito*, incumplen con la normativa, con presencia de colonias; en lo que se refiere a *E. coli*, *Bacterias coliformes totales*, *Pseudomonas aeruginosa* la mayoría de muestras cumplen con la norma utilizada.
- Se concluye que el agua mineral de la comunidad Santa Teresita no es apta para el consumo humano de esta manera se rechaza la hipótesis alterna por dos condiciones la presencia de *Streptococos fecales* y los metales como: Antimonio, Borato, Cadmio, Cromo y Níquel debido a la presencia de los diferentes parámetros analizados y se realiza una propuesta para embotellamiento del agua y el mejoramiento de la calidad del agua.

RECOMENDACIONES

- Realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua periódicamente, para garantizar la calidad del agua mineral de la comunidad.
- Se recomienda dar mantenimiento de limpieza en el tanque de la vertiente cada como mínimo cada año.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, Luis et al. La relación entre los criterios socialmente responsables y la decisión de compra de los consumidores autoidentificados como socialmente responsables, segmentados por los estilos de vida propuestos por arellano. Estudio de los consumidores de agua mineral. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2018.

BONAVETTI, Valery et al. Utilización De Una Zeolita Natural De La Provincia De Chubut Como Adición Mineral Activa. *VIII Congreso Internacional - 22° Reunion Tecnica de la AATH*, 2018. pp. 105-114.

CHACÓN, María. Análisis físico y químico de la calidad del agua. Primera. Bogotá: Universidad Santo Tomás. 2017.

FARRERONS, Vidal. Patrimonio cultural , histórico y natural de las fuentes del Montseny. Granada. 2018.

GALLEGO, Saul et al. Concentración de flúor y metales pesados en aguas embotelladas: medidas barrera frente a caries dental y fluorosis. *Revista espanola de salud publica*, vol. 93, 2019, pp. 1-12.

GARCÍA, Alonso et al. Cata de aguas a ciegas: un taller inclusivo sobre aguas minerales y geología. *Livro de Resumos da XXII Bienal da RSEHN*, vol. 1, no. 2. 2017.

GIL, Ana et al. Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales Científicos*, vol. 79, no. 1, 2018. pp. 111.

IBWA. Bottled Water. *International Bottled Water Association*. 2022.

ICB. Calidad de aguas: usos y aprovechamiento. Magala: ICB Editores. 2015.

KUSSMAUL, Han. Mineral water | Sources and Analysis. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 2003, pp. 4017-4020.

MARAVÉR, Fernando. Aguas minerales envasadas: Historia Bottled mineral waters : History. *Medicina Naturiste*, vol. 13, no. January, 2019. pp. 50-56.

MARÍN, René. Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas. 2019, pp. 439.

MOR.ENO, Elena. Evaluación económica de los impactos ambientales generados en el proyecto de explotación de carbón mineral en la vereda agua blanca del municipio de Tuta, Departamento de Boyacá. S.l.: Universidad de Manizales. 2017

NTE INEN. Aguas minerales. Agua mineral no envasada en la fuente. Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 2011, pp. 21.

PERALES, Ana et al. Evaluación del consumo de bebidas, ingesta dietética de agua y adecuación a las recomendaciones de un colectivo de escolares españoles de 7 a 12 años. *Nutrición Hospitalaria*, vol. 35, no. 6, 2018, pp. 1347.

PÉREZ, José et al. Comparative analysis of water quality indices applied to the ranchería river, la guajira-Colombia. *Informacion Tecnologica*, vol. 29, no. 3, 2018, pp. 47-58. I

PÉREZ, Yessenia. Calidad de las aguas subterráneas Sector Hidrogeológico La Melba, Moa para evaluar su empleo como agua mineral natural envasada. S.l.: Instituto Superior Minero Metalurgico de Moa. 2018.

QUIJANDRÍA, Leo. Evaluación del carbón mineral para disminuir el contenido de azufre y mejorar su calidad Evaluation of coal ore to reduce the sulphur content and improve its quality. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, vol. 19, no. 38, 2016, pp. 61.

SIERRA, Carlos. Calidad del Agua-Evaluación y diagnóstico. Primera. Medellín: Universidad de Medellín. 2018.

STEEN, David. Carbonated beverages. S.l.: Elsevier. 2016.

THALANG, Dhilan et al. Hot, tropical and thirsty: An analysis of bottled water consumer satisfaction in Thailand. *African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure*, vol. 8, no. 5, 2019. pp. 0-15.

VALLES, Marcela et al. Calidad del agua para riego en una zona nogalera del estado de chihuahua. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, vol. 33, no. 1, 2017. pp. 85-97.

VILLENA, Jaime. Water quality and sustainable development. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, vol. 35, no. 2, 2018. pp. 304-308.



ANEXOS

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS EN EL MES DE JUNIO



A1. Vertiente de agua mineral comunidad SANTA TERESITA.



A2. Infraestructura del agua mineral.



A3. Equipos de medición multiparámetro.



A4. Medición de ph, temperatura, TDS, conductividad eléctrica.

ANEXO B: DETERMINACIÓN DE LOS METALES.



B1. Preparación de soluciones para los metales



B2. Preparación de soluciones madre.



B3. Equipo de absorción atómica para la determinación de metales.



B4: Recolección de las muestras de agua mineral para análisis microbiológico.

ANEXO C: DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS.



C1: Filtración por membrana de las muestras de las muestras de agua.



B2. Recuento de las colonias de la muestra de agua mineral.



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

Fecha de entrega: 25/03/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: <i>Yajaira Michelle Apupalo Camacho</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Química</i>
Título a optar: <i>Química</i>
 Dra. Madgy Mileny Echeverría Guadalupe PhD. Directora del Trabajo de Integración Curricular  Ing. Norma Soledad Erazo Sandoval MSc. Asesora del Trabajo de Integración Curricular