



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA  
DE AGUA PROCEDENTE DE VERTIENTES SUBTERRÁNEAS  
PARA CONSUMO HUMANO EN LAS PARROQUIAS URBANAS  
DEL CANTÓN GUANO**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

**BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA**

**AUTORA: MARIELA EDITH PILCO COLCHA**

**DIRECTORA: Ing. VIOLETA MARICELA DALGO FLORES MSc.**

Riobamba – Ecuador

2023

**©2023, Mariela Edith Pilco Colcha**

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, Mariela Edith Pilco Colcha, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 23 de junio de 2023



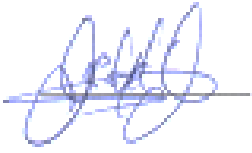


**Mariela Edith Pilco Colcha**

**060485102-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, **CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE AGUA PROCEDENTE DE VERTIENTES SUBTERRÁNEAS PARA CONSUMO HUMANO EN LAS PARROQUIAS URBANAS DEL CANTÓN GUANO**, realizado por la señorita **MARIELA EDITH PILCO COLCHA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
BQF. Byron Stalin Rojas Oviedo MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-06-23
Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores MSc. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-06-23
Bq. Cl. Mishell Carolina Moreno Samaniego MSc. <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-06-23

## **DEDICATORIA**

Al culminar una de mis metas profesionales, quiero dedicar este trabajo de titulación a Dios por otorgarme bendiciones, salud y fuerza para cumplir este sueño. A mis padres Ítalo Pilco y María Colcha quienes son los pilares fundamentales de mi vida que, con su profundo amor, comprensión y abnegado sacrificio, me apoyaron emocionalmente y económicamente durante este largo camino; a mis hermanos Lenin y Emily que siempre estuvieron a mi lado, con gran cariño y tolerancia para conmigo, escuchándome en días oscuros y soleados. A mi esposo Javier Amaguaya quien siempre estuvo a mi lado acompañándome en aquellas largas noches de estudio, quien nunca dejó que me rindiera en este proceso siendo mi consuelo en aquellos momentos de tristeza. Finalmente, a mis abuelitos Dorila Pilco y Bolívar Colcha quienes nunca dejaron de orar por mí y a mis tías Lucila, Angélica, Lorena, Lourdes y María Colcha quienes más que tías han sido mis amigas y confidentes y de quienes nunca me faltó palabras de apoyo al igual que de mis primos. Los amo.

Mariela

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme vida, salud y sabiduría para cumplir mi meta propuesta, a mis padres por guiarme día a día por el sendero del bien y no dejarme sola nunca durante esta etapa, a mi esposo por ser mi apoyo incondicional, quien me ha motivado a superarme y seguir adelante, a mis hermanos que fueron mi paño de lágrimas en momentos difíciles, a mis abuelitos, tías y primos quienes fueron mis confidentes y de quienes nunca me faltó palabras de apoyo. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas, y brindarme conocimientos durante la formación académica necesaria e instruyéndome como una profesional ética y comprometida con la sociedad. A la Dra. Gina Álvarez encargada del Laboratorio de Calidad de Aguas y suelo, y al BQF Yolanda Buenaño encargada del Laboratorio de Análisis Clínicos y Bacteriológico por ayudarme con sus conocimientos y darme apertura para realizar los análisis respectivos de este trabajo de investigación. Al GAD Municipal de Guano, representado por el Ingeniero Raúl Cabrera alcalde de Guano quien me dio la apertura para realizar el presente trabajo de investigación y a la Doctora Ximena Lata encargada del laboratorio municipal del agua potable de Guano. Un agradecimiento especial a la Ing. Violeta Dalgo y BQF. Mishell Moreno por su valiosa colaboración, tiempo y asesoramiento en este trabajo de titulación.

Mariela

## ÍNDICE DE CONTENIDO

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

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Limitaciones y delimitaciones.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Problema general de la investigación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4. Problemas específicos de la investigación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5. Objetivos de la investigación.....</b>	<b>4</b>
<i>1.5.1. Objetivo general .....</i>	<i>4</i>
<i>1.5.2. Objetivos específicos .....</i>	<i>4</i>
<b>1.6. Justificación.....</b>	<b>4</b>
<i>1.6.1. Justificación teórica.....</i>	<i>4</i>
<i>1.6.2. Justificación metodológica .....</i>	<i>5</i>
<i>1.6.3. Justificación práctica.....</i>	<i>6</i>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Antecedentes de investigación .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. Referencias teóricas .....</b>	<b>9</b>
<i>2.2.1. Agua .....</i>	<i>9</i>
<i>2.2.1.1. Usos del agua .....</i>	<i>9</i>
<i>2.2.1.2. Ciclo del agua.....</i>	<i>9</i>
<i>2.2.1.3. Tipos de agua.....</i>	<i>10</i>
<i>2.2.1.4. Distribución del agua .....</i>	<i>11</i>
<i>2.2.2.1. Proceso de potabilización del agua.....</i>	<i>13</i>
<b>2.2.3. Aguas subterráneas .....</b>	<b>13</b>

2.2.4.	<i>Muestreo del agua</i> .....	15
--------	--------------------------------	----

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	21
3.1.	<b>Lugar de la investigación</b> .....	21
3.2.	<b>Enfoque y diseño de investigación</b> .....	21
3.3.	<b>Diseño experimental</b> .....	21
3.3.1.	<i>Población de estudio y/o tamaño de muestra y/o método de muestreo</i> .....	21
3.3.2.	<i>Criterios de inclusión</i> .....	22
3.3.3.	<i>Criterios de exclusión</i> .....	22
3.3.4.	<i>Identificación de variables</i> .....	22
3.4.	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	22
3.4.1.	<i>Fase I: Toma de muestra</i> .....	22
3.4.2.	<i>Fase II: Análisis fisicoquímico del agua</i> .....	23
3.4.2.1.	<i>Materiales</i> .....	23
3.4.2.2.	<i>Equipos</i> .....	24
3.4.2.3.	<i>Físicos</i> .....	24
3.4.2.4.	<i>Químicos</i> .....	25
3.4.3.	<i>Fase III: Análisis microbiológico del agua</i> .....	26
3.4.3.1.	<i>Coliformes totales y coliformes fecales</i> .....	26
3.4.3.2.	<i>Escherichia coli, Entamoeba histolytica, Cryptosporidium parvum y Giardia lamblia</i> .....	27
3.4.4.	<i>Fase IV: Análisis de calidad del agua según la NTE INEN 1108:2020</i> .....	27
3.5.	<b>Operacionalización de variables</b> .....	29

### CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	30
4.1.	<b>Análisis físico químico del agua</b> .....	31
4.1.1.	<i>Análisis de vertientes subterráneas de agua y tanques de distribución.</i> .....	31
4.1.2.	<i>Análisis de agua de red domiciliaria perteneciente al catón Guano</i> .....	34
4.1.2.1.	<i>Análisis del pH en las muestras de agua</i> .....	34
4.1.2.2.	<i>Análisis de la conductividad en las muestras de agua</i> .....	35
4.1.2.3.	<i>Análisis de sólidos disueltos en las muestras de agua</i> .....	36
4.1.2.4.	<i>Análisis de turbidez en las muestras de agua</i> .....	38
4.1.2.5.	<i>Análisis de color en las muestras de agua</i> .....	39



<i>4.1.2.6. Análisis de cloro residual en las muestras de agua.....</i>	40
<i>4.1.2.7. Análisis de nitritos en las muestras de agua .....</i>	41
<i>4.1.2.8. Análisis de nitratos en las muestras de agua.....</i>	42
<i>4.1.2.9. Análisis de fluoruros en las muestras de agua .....</i>	43
<i>4.1.2.10. Análisis de arsénico en las muestras de agua .....</i>	44
<i>4.1.2.11. Análisis de cadmio en las muestras de agua .....</i>	45
<b>4.2. Análisis microbiológico del agua .....</b>	47
<i>4.3.1. Evaluación de la calidad del agua de consumo humano de red domiciliaria Lluishi perteneciente a la parroquia El Rosario.....</i>	50
<b>CONCLUSIONES.....</b>	56
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	57
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Usos del agua .....	9
<b>Tabla 2-2:</b>	Tipos del agua .....	10
<b>Tabla 3-2:</b>	Requisitos físico químicos del agua.....	14
<b>Tabla 4 -2:</b>	Requisitos físico químicos del agua de consumo humano.....	18
<b>Tabla 5-2:</b>	Requisitos microbiológicos del agua de consumo humano .....	18
<b>Tabla 1-3:</b>	Codificación de las muestras de agua .....	23
<b>Tabla 2-3:</b>	Operacionalización de las variables de estudio.....	29
<b>Tabla 1-4:</b>	Análisis fisicoquímico del agua proveniente de Vertientes subterráneas .....	31
<b>Tabla 2-4:</b>	Análisis fisicoquímico del agua proveniente de los tanques de distribución .....	31
<b>Tabla 3-4:</b>	Datos estadísticos del parámetro de pH del agua.....	34
<b>Tabla 4-4:</b>	Datos estadísticos del parámetro de conductividad del agua .....	35
<b>Tabla 5-4:</b>	Datos estadísticos del parámetro de sólidos disueltos en agua .....	36
<b>Tabla 6-4:</b>	Datos estadísticos del parámetro de turbidez del agua.....	38
<b>Tabla 7-4:</b>	Datos estadísticos del parámetro de color en el agua.....	39
<b>Tabla 8-4:</b>	Datos estadísticos del parámetro de cloro residual del agua.....	40
<b>Tabla 9-4:</b>	Datos estadísticos del parámetro de nitritos en agua .....	41
<b>Tabla 10-4:</b>	Datos estadísticos del parámetro de nitratos en agua.....	42
<b>Tabla 11-4:</b>	Datos estadísticos del parámetro fluoruros del agua.....	43
<b>Tabla 12-4:</b>	Datos estadísticos del parámetro de arsénico en el agua.....	44
<b>Tabla 13-4:</b>	Datos estadísticos del parámetro de cadmio en el agua .....	45
<b>Tabla 14-4:</b>	Análisis microbiológico del primer muestreo de agua.....	47
<b>Tabla 15-4:</b>	Análisis microbiológico del segundo muestreo de agua.....	48
<b>Tabla 16-4:</b>	Evaluación 1 de calidad del agua RDLL según INEN 1108.....	50
<b>Tabla 17-4:</b>	Evaluación 2 de calidad del agua RDLI según INEN 1108 .....	50
<b>Tabla 18-4:</b>	Evaluación 1 de calidad del agua RDBA según INEN 1108 .....	51
<b>Tabla 19-4:</b>	Evaluación 2 de calidad del agua RDBA según INEN 1108 .....	52
<b>Tabla 20-4:</b>	Evaluación 1 de calidad del agua RDI según INEN 1108 .....	53
<b>Tabla 21-4:</b>	Evaluación 2 de calidad del agua RDI según la INEN 1108 .....	54

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b>	Ciclo del agua .....	10
<b>Ilustración 2-2:</b>	Distribución del agua.....	12
<b>Ilustración 3-2:</b>	Actuaciones para proteger la calidad del agua.....	17
<b>Ilustración 4-2:</b>	Agentes patógenos relacionados con el agua.....	19
<b>Ilustración 5-2:</b>	Defunciones relacionadas con la calidad del agua.....	20
<b>Ilustración 1-3:</b>	Distribución geográfica del cantón Guano .....	21
<b>Ilustración 2-3:</b>	Procedimiento realizado para el desarrollo de trabajo de titulación .....	28
<b>Ilustración 1-4:</b>	Diagrama de la toma de muestras del agua.....	30
<b>Ilustración 2-4:</b>	Análisis del parámetro pH según la NTE INEN 1108.....	35
<b>Ilustración 3-4:</b>	Análisis del parámetro conductividad según la NTE INEN 1108 .....	36
<b>Ilustración 4-4:</b>	Análisis del parámetro sólidos disueltos según la NTE INEN 1108 .....	37
<b>Ilustración 5-4:</b>	Análisis del parámetro turbidez según la NTE INEN 1108.....	38
<b>Ilustración 6-4:</b>	Análisis del parámetro color según la NTE INEN 1108 .....	39
<b>Ilustración 7-4:</b>	Análisis del parámetro cloro residual según la NTE INEN 1108.....	40
<b>Ilustración 8-4:</b>	Análisis del parámetro nitritos según la NTE INEN 1108 .....	41
<b>Ilustración 9-4:</b>	Análisis del parámetro nitratos según la NTE INEN 1108.....	42
<b>Ilustración 10-4:</b>	Análisis del parámetro fluoruros según la NTE INEN 1108 .....	43
<b>Ilustración 11-4:</b>	Análisis del parámetro arsénico según la NTE INEN 1108 .....	44
<b>Ilustración 12-4:</b>	Análisis del parámetro cadmio según la NTE INEN 1108.....	46

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ÍNDICE A:** TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN TANQUES Y RED DOMICILIARIA

**ÍNDICE B:** ETIQUETADO DE MUESTRAS DE AGUA

**ÍNDICE C:** ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA

**ÍNDICE D:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo por objetivo realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica de agua procedente de vertientes subterráneas para consumo humano en las parroquias urbanas del cantón Guano, mediante un estudio con enfoque cuantitativo, diseño observacional y de tipo descriptivo. La muestra estuvo conformada por diferentes puntos de muestreo: cuatro vertientes subterráneas, tres tanques de reserva y tres grifos de agua de las redes domiciliarias, donde se tomó la cantidad de 100 ml para el análisis microbiológico y 500 ml para el examen físico-químico. Como resultados en análisis fisicoquímicos de las muestras de agua, se determinó que, los parámetros de pH (7,41), color (0,1Pt-Co), turbidez (0,24 NTU), conductividad (562,6 mS/cm), sólidos disueltos (340,25 mg/L), nitritos (0,004 mg/L), nitratos (2,07 mg/L), flúor (1,10 mg/L) y cadmio (0 mg/L) estuvieron dentro del límite permitido; en el análisis microbiológico se observó la presencia de Coliformes totales (muestreo I: 33% y muestreo II: 67%), Coliformes fecales (muestreo I: 3 UFC/100 ml en la red de Barrios Altos y muestreo II: en el 67%) y al comparar la calidad del agua de las redes domiciliarias con la norma de calidad NTE INEN 1108:2020, se determinó que, no cumplieron con dos parámetros de calidad, al presentar valores altos de arsénico ( $>0,01$  mg/L) y una baja concentración de cloro residual ( $<0,3$  mg/L). Se concluyó que, el agua de las redes domiciliarias de Lluishi, Barrios Altos y La Inmaculada, no son aptas para el consumo de la población de las parroquias urbanas de Guano, ya que presentan bacterias contaminante y alta concentración de arsénico, que resulta tóxico para los consumidores. Se recomienda realizar un mayor control del proceso de cloración realizado en los tanques de distribución y el agua de las redes domiciliarias.

**Palabras clave:** <BIOQUÍMICA Y FARMACIA>, <AGUA POTABLE>, <CONTROL DE CALIDAD>, <ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO>, <ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO>.

1325-DBRA-UPT-2023



## ABSTRACT

The present titling work aimed to carry out the physicochemical and microbiological characterization of water from underground springs for human consumption in the urban parishes of the Guano canton through a study with a quantitative approach, observational design, and descriptive type. The sample consisted of different sampling points: four underground springs, three reserve tanks, and three water taps from the household networks, where an amount of 100 ml was taken for microbiological analysis and 500 ml for physical-chemical examination. As a result of physicochemical analysis of the water samples, it determines that the parameters of pH (7.41), color (0.1Pt-Co), turbidity (0.24 NTU), conductivity (562.6 mS/cm), dissolved solids (340.25 mg/L), nitrites (0.004 mg/L), nitrates (2.07 mg/L), fluorine (1.10 mg/L) and cadmium (0 mg/L) were within the permitted limit; in the microbiological analysis, the presence of total coliforms (sampling I: 33% and sampling II: 67%), fecal coliforms (sampling I: 3 CFU/100 ml in the Barrios Altos network and sampling II: in 67%) and when comparing the water quality of household networks with the NTE INEN 1108:2020 quality standard, it was determined that they did not comply with two quality parameters, presenting high values of arsenic ( $>0.01$  mg / L) and a low concentration of residual chlorine ( $<0.3$  mg / L). It concludes that the water from the household networks of Lluishi, Barrios Altos, and La Inmaculada is not suitable for consumption by the population of the urban parishes of Guano since they present polluting bacteria and high concentration of arsenic, which is toxic to consumers. It recommends carrying out more significant control of the chlorination process in the distribution tanks and the water of the household networks.

**Keywords:** <BIOCHEMISTRY AND PHARMACY>, <DRINKING WATER>, <QUALITY CONTROL>, <PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS>, <MICROBIOLOGICAL ANALYSIS>.



**Lcdo. Edison Reñato Ruiz López**

**0603957044**

## INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso natural más importante ya que permite el sostenimiento de la vida humana y también el desarrollo tanto social como cultural de una comunidad, además, esto depende principalmente del adecuado suministro de aguas dulces y que cumplan los estándares de calidad (Valdiviezo 2017, p. 1).

Se considera que las aguas subterráneas al ser zonas saturadas que se ubican debajo de la superficie terrestre en zonas rocosas y porosas están más protegidas de la contaminación en comparación con las aguas superficiales. Sin embargo, esta protección ha ido disminuyendo ya que se ha evidenciado que pueden absorber productos contaminantes de forma directa por debajo de la superficie debido a métodos industriales, debido a la elevada contaminación de las zonas, etc., (Lara 2018, p. 5).

Es importante destacar que el agua subterránea puede ser usada, para el abastecimiento urbano, industrial y agrícola. La primera aplicación sobre el abastecimiento a la población se ha visto afectado por contaminantes, debido a derrames o fugas de sustancias en ríos y mares, de modo que, estas sustancias se infiltran y llegan al agua subterránea, causando su contaminación. Dentro de los principales grupos de contaminantes se encuentran: sales normales, materia orgánica, nitratos, metales pesados, elementos radioactivos, compuestos tóxicos inorgánicos y orgánicos, microorganismos patógenos, entre otros; pudiendo provocar consecuencias graves como la aparición de enfermedades (Becker et al. 2017, p. 43).

La contaminación del agua de consumo humano superficial y subterráneo puede provocar diversos problemas en países en desarrollo, debido a factores como la falta de un sistema de potabilización de agua, inundaciones, sequías y la contaminación de ríos y mares. Además, el problema de la contaminación ha ido incrementando con factores climáticos como el viento, las lluvias, problema a nivel de las conexiones de captación, en los tanques de recolección y sobre todo, en las tuberías de distribución domiciliaria (Yubaille 2017, p. 2).

El acceso al agua de calidad es considerado como un derecho universal, por lo cual en el país se requiere que las vertientes de agua cumplan con los estándares establecidos en norma NTE INEN 1108:2004, al estar considerado dentro las metas de desarrollo del milenio, ya que el agua es el recurso que permite el desarrollo de la vida (Yubaille 2017, p. 1).

El agua al ser un recurso no renovable requiere de una constante evaluación para verificar si se cumplen con las normativas de calidad establecidas, por lo cual es importante y necesario realizar

una revisión amplia de los distintos componentes del agua y sus respectivas concentraciones; para así detectar cualquier alteración en aguas superficiales y subterráneas.

Es importante tener en cuenta que cualquier problema que presente este recurso hídrico afecta gravemente a los países, debido al surgimiento de enfermedades en la población ya que se evidencia que aún falta mucho por hacer en cuanto a las medidas de corrección sobre la contaminación bacteriana en las diferentes vertientes de agua, las cuales ejercen una gran presión contaminante sobre los cauces, tanto por su poder patógeno como por el incremento de la resistencia bacteriana (Viteri 2018, p. 1).



## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial existen varios problemas a causa de la contaminación y el desabastecimiento del agua, de modo que, la demanda de la población y medio ambiente no puede ser completamente satisfecha. El agua de consumo humano que llega a las viviendas proviene de fuentes como manantiales, ríos, arroyos, etc., los cuales están expuestos a contaminación. Un estudio realizado en México, al evaluar el agua de 99 viviendas, determinó que únicamente el 31% de las muestras eran aptas para consumo humano y se estableció una relación directa de la contaminación de este recurso natural con la prevalencia de parásitos como *Entamoeba histolytica* en la población (Tibanquiza 2018, p. 7).

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el deterioro de la calidad del agua es un motivo de preocupación mundial ligado a la alta tasa de crecimiento de la población humana, ya que se ve afectada la cantidad de agua que está disponible para consumo humano (ONU, 2019).

Se considera que, la calidad de agua ha disminuido y es un problema que depende de la vigilancia sanitaria para llevar un mayor control de los parámetros de calidad microbiológicos y físico-químicos, si se cuenta con un adecuado saneamiento. Mundialmente más de la mitad de las fuentes naturales están contaminadas, causando no sólo la degradación del ecosistema sino también convirtiéndose en una amenaza para la salud de la población a causa de infecciones bacterianas, víricas o parasitarias (Lara 2018, p. 5).

#### 1.2. Limitaciones y delimitaciones

##### Limitaciones

- Falta de estudios previos.
- Acceso a las vertientes subterráneas y tanques de almacenamiento.
- Falta de plantas de tratamiento de tratamientos de agua
- Poca colaboración de parte de la junta de agua.

##### Delimitaciones

- Delimitación espacial: la presente investigación se realizará en las vertientes subterráneas en las parroquias urbanas del cantón Guano (El Rosario y La Matriz) en Chimborazo -Ecuador
- Delimitación temporal: se desea terminar el proyecto de tesis dentro del tiempo estipulado que son alrededor de 4 meses.

- Delimitación de contenido: se aplicará el diseño de estudio mediante la investigación experimental explorativo

### **1.3. Problema general de la investigación**

¿El agua procedente de vertientes subterráneas cuenta con los parámetros de calidad óptimos para ser consumida por la población de las parroquias urbanas del cantón Guano?

### **1.4. Problemas específicos de la investigación**

- ¿El análisis de los parámetros físico químicos del agua proveniente de vertientes permite evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano de las parroquias urbanas del cantón Guano?
- ¿La evaluación microbiológica de las muestras de agua proveniente de vertientes permite evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano de las parroquias urbanas del cantón Guano?
- ¿El agua de consumo humano de las parroquias urbanas del cantón Guano proveniente de vertientes subterráneas, cumplen con los lineamientos establecidos por la NTE INEN 1108?

### **1.5. Objetivos de la investigación**

#### ***1.5.1. Objetivo general***

Efectuar la caracterización fisicoquímica y microbiológica de agua procedente de vertientes subterráneas para consumo humano en las parroquias urbanas del cantón Guano.

#### ***1.5.2. Objetivos específicos***

- Determinar los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano tomadas en puntos estratégicos de las parroquias urbanas del cantón Guano.
- Realizar la evaluación microbiológica de las muestras de agua de consumo humano mediante el método de filtración en membrana para la identificación de microorganismos potencialmente peligrosos.
- Evaluar la calidad del agua de consumo humano de las parroquias urbanas del cantón Guano con base en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2020

### **1.6. Justificación**

#### ***1.6.1. Justificación teórica***

El acceso al agua de calidad es considerado como un derecho universal, por lo que debe contar

con los parámetros de seguridad, calidad e inocuidad para su consumo por la población. La calidad de este recurso está dada por la cantidad de sustancias minerales y por sus características microbiológicas, físicas y químicas. El agua para consumo humano requiere de altos estándares de calidad porque puede provocar infecciones o problemas de salud en los consumidores, mientras que, para el agua usada para los diferentes procesos a nivel industrial se permite que tenga menor calidad, esto se debe a que la población necesita de un suministro de agua inocua que garantice la salud de quienes la consumen, por lo cual, debe ajustarse a las normas de calidad de la INEN (Yubaille 2017, p. 1).

Según la Constitución Nacional de Ecuador del 2008, se modificó el marco normativo sobre el manejo del agua a nivel del país, reconociendo que toda persona tiene el derecho humano a la naturaleza y al acceso al agua, por lo cual, se determinó que será de manejo público exclusivamente, prohibiendo su privatización. Según el artículo 411, el Estado debe garantizar la adecuada conservación y manejo integral de todos los recursos hídricos, regulando cualquier actividad que pudiera afectar la cantidad y calidad del agua (Buitrón, 2019, p.1).

En el año 2015 también se propuso el Plan Nacional de Desarrollo, cuyo objetivo es contar con agua limpia y asequible, saneamiento para toda la población, contar con tratamiento de aguas residuales, realizar el tratamiento al agua de zonas residuales para garantizar su seguridad y calidad y, además, llevar una adecuada gestión de recursos hídricos (Martínez 2020, p.5).

Por todo lo expuesto anteriormente, se vio la necesidad de evaluar la calidad del agua procedente de vertientes subterráneas para consumo humano en las parroquias urbanas del cantón Guano, debido a que, una gran cantidad de pobladores se abastecen de este recurso no sólo para su consumo humano, sino también para desarrollar actividades de limpieza, agricultura, ganadería, etc., por lo que es necesario evaluar si cumple con los estándares de calidad de Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2020 en cuanto a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con el fin de determinar si es segura e inocua.

### ***1.6.2. Justificación metodológica***

El estudio se realizará en cuatro fases, partiendo de la toma de muestras de tres diferentes puntos de las parroquias La Matriz y El Rosario, y se analizarán en el laboratorio de aguas y suelos para la identificación de parámetros físico químicos (arsénico, cadmio, cloro residual, color aparente, pH, sólidos disueltos, conductividad, fluoruro, nitritos, nitratos, y análisis de turbidez) y microbiológicos (Coliformes fecales, *Cryptosporidium* y *Giardia*), para contrastar con los parámetros de calidad de la NTE INEN 1108:2020: Requisitos del agua para consumo humano,

con el fin de verificar si el agua procedente de las vertientes subterráneas cuenta con la seguridad e inocuidad para garantizar su consumo por parte de la población del cantón Guano.

### ***1.6.3. Justificación práctica***

Debido a la contaminación a nivel de las vertientes, en la presente investigación se pretende brindar un amplio panorama sobre la situación actual de la calidad del agua proveniente de las vertientes que abastecen sectores de las parroquias La Matriz y El Rosario del cantón Guano, para determinar los puntos críticos y proponer recomendaciones que permitan tener un mejor manejo de este recurso hídrico y su tratamiento. Además, este trabajo de titulación aporta información valiosa para las autoridades del cantón, quienes podrán tomar medidas en favor de la comunidad. Es importante que el municipio de Guano tome en consideración los datos obtenidos, para garantizar que el agua del cantón reciba tratamiento, con el fin de cumplir con los parámetros de calidad y seguridad.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

En España un estudio sobre “Las aguas subterráneas en España: hacia la sostenibilidad del recurso”, determinó que, las aguas subterráneas son un recurso indispensable por lo que requiere de estrategias para cuidar y preservar su calidad, implementando, además, una gestión sostenible de estos acuíferos. Sin embargo, se ha evidenciado en los últimos años principales problemas y amenazas para este recurso como: el cambio climático, la contaminación por las actividades agrarias, la sobreexplotación, intrusión marina, alto contenido de nitratos y la presencia de pesticidas y otros compuestos químicos (Melgarejo 2019, p. 1249).

Una investigación realizada en México sobre “Calidad química del agua subterránea de la cuenca del río Duero en Michoacán”, realizó un estudio de tipo hidrogeoquímico y al evaluar la calidad del agua se determinó que era buena, debido al tipo de las rocas y la geología de la cuenca. Se observó que predominó el agua baja en salinidad y sodio, por lo que su uso es seguro a nivel de la agricultura, ya que no representa ningún peligro por salinidad. Sin embargo, a pesar de detectar un balance hidrológico positivo, es evidente el aumento del deterioro de la calidad del agua en los ríos, promoviendo de este modo, la extracción del agua subterránea y por ende, la sobreexplotación del manto acuífero (Silva et al. 2018, p. 127).

En Colombia un estudio sobre “Análisis documental de las aguas subterráneas y su caracterización in situ, en el municipio Girardot”, determinó que el 75% de la captación de aguas no cuentan con red de agua potable y el 33,33% de las muestras tomadas de agua presentaron un olor fuerte a azufre y a pesar de ello, son usadas a nivel doméstico. Este es un problema importante debido a que el alto contenido de minerales puede causar problemas de salud como intoxicación en los consumidores (Castro y Pulecio 2019, p. 54).

En la investigación denominada “Evaluación físico-química y microbiológica del sistema de agua que abastece a las plantas procesadoras de queso fresco artesanal de la parroquia Quimiag Riobamba-Ecuador”, se analizó la calidad del agua utilizada en las plantas de procesamiento de alimentos, para verificar si ésta influye en la calidad del producto final, siendo necesario el análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del sistema de agua que abastece a las queseras artesanales. Las muestras tomadas fueron en las vertientes de agua natural, los tanques de almacenamiento y los grifos en las queseras y sus tanques de reserva. Realizando análisis de turbiedad, color, pH, conductividad, sólidos totales, nitratos, nitritos, fluoruros, Coliformes

fecales, y parásitos, según las normas técnicas ecuatorianas y una norma mexicana. Se evidencia que el agua proveniente de los puntos de muestreo cumple con los parámetros físico-químicos, las fuentes naturales de agua presentan calidad microbiológica aceptable, medida que el agua continúa en el sistema de abastecimiento, presenta mayor carga bacteriana y parásitos (Arguello et al. 2019, p.10).

En el trabajo de titulación “Control de la calidad del agua para consumo humano a través de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la parroquia San Andrés, Chimborazo, para una gestión sanitaria eficiente” da a conocer la realización de la evaluación de los parámetros físico, químico y microbiológicos en muestras de agua para consumo humano de la parroquia San Andrés provincia de Chimborazo, para demostrar si el líquido vital, es apto para consumo humano y no existe riesgo para la salud de la ciudadanía de esta parroquia. Se establecieron puntos de monitoreo a fin de cubrir toda la superficie de servicio del recurso vital a la comunidad, donde se evidenció que los parámetros físico químicos y microbiológicos del agua que consumen los habitantes de la Parroquia San Andrés de la provincia de Chimborazo, cumple con todos los parámetros de potabilidad exigidos de acuerdo con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1108 (Baldeón 2018, p.15).

En la investigación realizada en 2015 sobre “Control de calidad del agua potable que se distribuye en los campus: central, hospitalidad, Balzay, Paraíso, Yanuncay y Las Granjas de Iruquis y Romeral pertenecientes a la universidad de Cuenca” en donde se realiza una evaluación de parámetros físicos: temperatura, turbiedad, color, olor, sabor, conductividad; químicos: pH, alcalinidad, dureza total, oxígeno disuelto, nitritos, cloruros, cloro libre, cobre, hierro; microbiológicos: Coliformes totales, Coliformes fecales, aerobios mesófilos. Los resultados obtenidos demuestran, que la mayoría de los parámetros físicos y químicos cumplen satisfactoriamente con los requerimientos para la calidad de agua potable, sin embargo, existieron resultados microbiológicos indicativos de contaminación en las fuentes de agua que se utilizan de manera primordial para consumo humano en la mayoría de los campus (Calderón y Orellana, 2018, p.25).

En la investigación “Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo humano de la junta administradora de agua potable San José de Puñachizag, cantón Quero, provincia Tungurahua” se determinó que la mayor parte de los parámetros químicos cumplen con los requisitos excepto en el flúor; con respecto a los parámetros físicos pH, turbiedad y color no cumplen con los requisitos establecidos, cumpliendo únicamente con la calidad de temperatura, STD y conductividad; en el análisis microbiológico el 74 % de las muestras incumplen lo establecido para Coliformes fecales y totales por el método de número más probable.

Por lo que se concluyó que el agua de la comunidad San José de Puñachizag no es apta para consumo humano (Tibanquiza 2018, p.6).

## 2.2. Referencias teóricas

### 2.2.1. Agua

El agua es un elemento esencial para la vida, sin ella ésta desaparecería. Es el componente más abundante de la superficie terrestre, formando la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares, además, es un componente de todos los organismos vivos y se encuentra dentro de los compuestos naturales, al ser ampliamente usada en las diferentes actividades como agricultura, plantas de energía eléctrica, limpieza, refrigeración, fuente de la energía mecánica en las industrias, transporte consumo humano, aseo, ganadería (Guerrero 2012, p.5).

#### 2.2.1.1. Usos del agua

A nivel general el agua es un recurso ampliamente usado tanto en la naturaleza como en las actividades desarrolladas por el hombre, como se indica a continuación en la tabla 1-2.

**Tabla 1-2:** Usos del agua

Usos	Ejemplos
<b>Naturales</b>	-Mantenimiento de ríos - Conservación del ecosistema - Crecimiento de vegetación - Transporte de sedimentos
<b>Antrópicos</b>	- Aprovechamiento doméstico - Recreación - Ganadería - Agricultura - Minería - Industria hidroeléctrica - Paisajismo

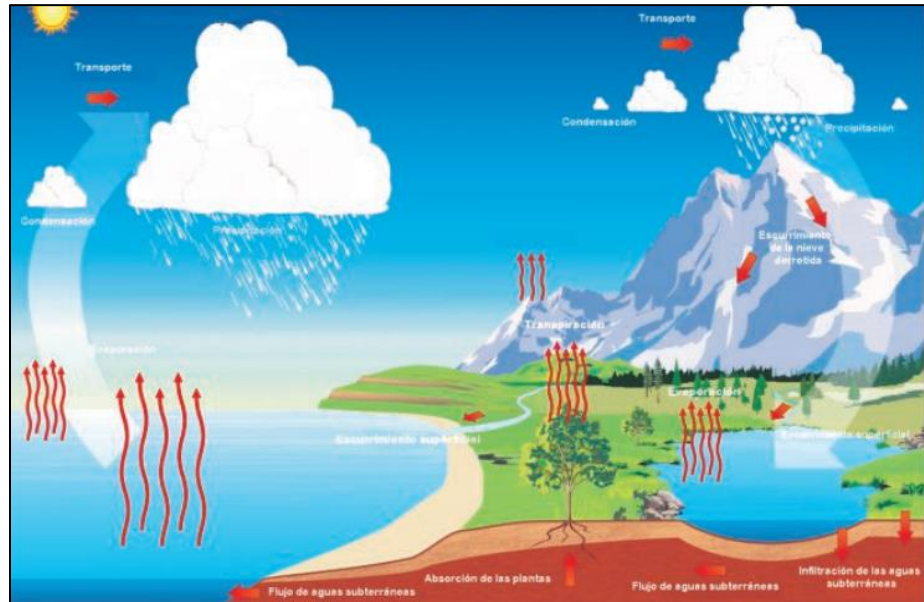
**Fuente:** Fernández, A, 2018.

**Realizado por:** Pilco, Mariela, 2023.

#### 2.2.1.2. Ciclo del agua

El ciclo del agua es el movimiento del agua a través de la Tierra, en forma líquida, de hielo o de vapor. El agua continuamente se mueve sobre el suelo, se evapora en la atmósfera y se recicla

como lluvia o nieve, además, únicamente el 0,027% del agua dulce de la Tierra está disponible para el consumo de los seres vivos. Dentro de este ciclo, el agua subterránea es aquella que se filtra en la tierra y es la fuente principal de agua de consumo para la población, como se observa en la ilustración 1-2 (CBD 2018, p. 8).



**Ilustración 1-2:** Ciclo del agua

Fuente: CBD, 2018.

### 2.2.1.3. Tipos de agua

Existen diferentes tipos de agua de acuerdo a sus propiedades físicas, químicas o biológicas, como se indica a continuación en la tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Tipos del agua

Tipo	Características
<b>Potable</b>	Este tipo de agua es agua apta para el consumo humano ya que es tratada y no representa un riesgo para la salud. Se caracteriza por limpia, transparente, sin sabores, olores desagradables y está libre de contaminantes.
<b>Dulce</b>	El agua dulce es aquella que se encuentra naturalmente en la superficie de la Tierra en capas de hielo, humedales, lagunas, lagos, ríos y arroyos, y bajo la superficie como agua subterránea en acuíferos y corrientes bajo tierra.
<b>Salada</b>	También se denomina agua de mar, siendo la que se encuentra en los océanos y los mares de la Tierra. Se caracteriza por tener una concentración de sales minerales disueltas en torno al 35%.
<b>Dura</b>	El agua dura es aquella que contiene un alto nivel de minerales disueltos,



	en particular, sales de magnesio y calcio. En química, también se denomina agua calcárea.
<b>Blanda</b>	El agua blanda es el agua en la que se encuentran disueltas mínimas cantidades de sales. Se consideran aquellas que tienen menos de 50 mg/l de carbonato cálcico.
<b>Residual</b>	Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica. Según la FAO, se trata de un tipo de agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella.
<b>Negra</b>	Dentro de las aguas usadas, las aguas negras son aquellas que están contaminadas con heces u orina.
<b>Grisés</b>	Las aguas grises son las aguas resultantes del uso doméstico. Tienen mucho menos nitrógeno y fósforo que las aguas negras y están compuestas por materia orgánica e inorgánica y microorganismos. Deben su nombre a su aspecto turbio y su condición de estar entre el agua dulce y potable y aguas residuales.

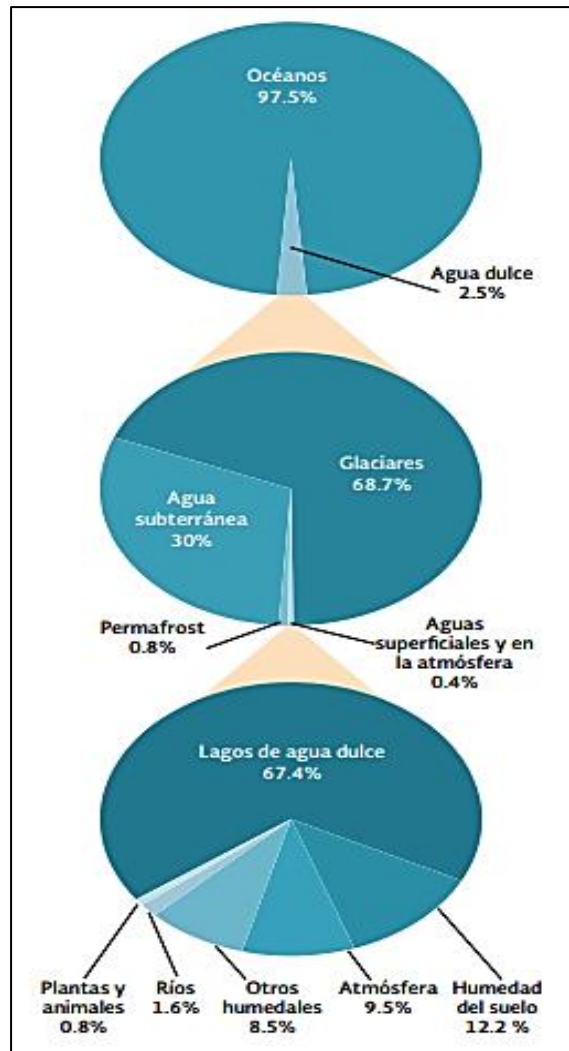
**Fuente:** López, M. 2018.

**Realizado por:** Pilco, Mariela, 2023.

#### 2.2.1.4. Distribución del agua

Se considera que, del agua dulce disponible en el planeta, el 30% corresponde a aguas subterráneas, el 0,8% a Permafrost (capa del suelo que permanece congelada) y únicamente el 0,4% a las aguas superficiales, como se observa en la ilustración 2-2. Si se toman con consideración el agua dulce no congelada, el agua subterránea representa alrededor del 96%, la cual, es importante para el abastecimiento, manantiales, arroyos y humedales, así como un recurso vital para satisfacer la demanda de muchas sociedades a nivel mundial (Torres 2019, p. 258)..

Por otro lado, las aguas superficiales retienen sólo el 1% del agua dulce no congelada. Es importante que, aunque el agua de la atmósfera representa un volumen inferior con relación a los lagos, es importante para poder regular el clima (Torres 2019, p. 259).



**Ilustración 2-2:** Distribución del agua

Fuente: SEMARNAT, 2019.

### 2.2.2. Agua potable

El agua potable es aquel recurso que se considera apto para el consumo humano, es decir, es el agua que se puede consumir sin restricción alguna. Además, el agua potable debe cumplir con las normas de calidad impuestas por las autoridades nacionales e internacionales (OMS 2017, p. 10).

No obstante, el agua potable presenta una grave problemática ya que el acceso al agua potable a nivel mundial presenta ciertas restricciones, sobre todo en los países en vías de desarrollo. El acceso a este recurso depende de varios factores como la disponibilidad a nivel local, la calidad que presenta el agua, aspectos económicos implicados en su obtención etc. Alrededor de 1600 millones de personas en el mundo tienen acceso limitado al agua (CBD 2018, p. 3).

Dentro de las principales características del agua potable se encuentran las siguientes: limpia, segura, incolora, inodora, insípida, debe haber ausencia de elementos en suspensión, debe existir

una proporción entre las sales inorgánicas disueltas y los gases, libre de contaminantes y libre de microorganismos patógenos (CBD 2018, p. 7).

En cuanto a las propiedades físico-químicas destacan las siguientes características: existen en tres estados, tiene alta capacidad calorífica, se puede expandir cuando se congela, elevada constante dieléctrica, elevado calor latente de fusión, alta tensión superficial y alto calor de vaporización (Fernández 2017, p. 151).

#### *2.2.2.1. Proceso de potabilización del agua*

En las plantas potabilizadoras de agua se lleva a cabo un proceso donde se eliminan las sustancias tóxicas del agua, para volverla apta para el consumo humano. Dentro de las fases de la potabilización se encuentran las siguientes: captación del agua de diversas fuentes naturales que son las fuentes pueden ser lagos, ríos o embalses, la coagulación y floculación que incluye la eliminación de sustancias como el plancton y las algas, la sedimentación es el proceso donde se eliminan flóculos gracias a la acción de la gravedad, la filtración es la fase donde se pasa el agua por un medio poroso para disminuir la turbidez del agua y la desinfección permite eliminar los microorganismos patógenos, para garantizar la calidad e inocuidad del agua (Chulluncuy 2021, p. 156).

#### *2.2.3. Aguas subterráneas*

El agua subterránea es aquella que fluye por medio de materiales porosos saturados a nivel del subsuelo hacia niveles mucho más bajos que las infiltraciones y puede volver a surgir naturalmente como caudales y manantiales. La mayoría de estos devuelve el agua a los mares o la lleva a cuencas cerradas donde se evapora. De esta manera, el agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en cada momento en los continentes (Ordoñez 2018, p. 6).

Este tipo de agua está almacenada en acuíferos que se ubican en diferentes niveles de profundidad, hasta puntos que se hallan a varios kilómetros debajo de la superficie terrestre. Se pueden encontrar estas aguas subterráneas en diferentes zonas ya sean húmedas, áridas o semiáridas. Es importante considerar que, agua del subsuelo es un importante recurso, pero es muy sensible a factores como la contaminación y la sobreexplotación (Ordoñez 2018, p. 7).

El agua subterránea se considera fácilmente accesible, barata y vital para abastecer a la población mundial, evidenciando que, en los últimos años ha aumentado su utilización, debido a que es el

recurso usado por diversos sectores como el agrícola, sirviendo para plantaciones en zonas áridas y semiáridas, donde no se ha requerido ayuda técnica y económica de los gobiernos, generando un alivio para el índice de pobreza (Sahuquillo 2017, p. 97).

### 2.2.3.1. Contaminación de las aguas subterráneas

El agua debe ser segura y de calidad para garantizar su uso y consumo, sin embargo, a nivel de las aguas subterráneas pueden existir los contaminantes indicados en la tabla 3-2.

**Tabla 3-2:** Requisitos físico químicos del agua

Contaminantes	Ejemplos
Físicos	-Presencia de partículas sólidas o líquidas -Turbidez -Cambio de color -Olores desagradables
Químicos	Cantidades inadecuadas de: -Hierro -Calcio -Magnesio -Manganeso -Carbonatos -Cloruros -Sulfatos -Nitritos -Nitratos -Óxidos -Otros
Biológicos	-Bacterias -Hongos -Virus -Algas -Protozoos

Fuente: MSP, 2020.

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

De acuerdo a la Confederación Hidrográfica de España, dentro de los principales factores antrópicos o naturales que afectan la calidad del agua subterránea se encuentran los siguientes: salinización, contaminación por nitritos, contaminación por metales pesados y contaminación por compuestos orgánicos (Bosch 2018, p. 232).

#### **2.2.4. Muestreo del agua**

A continuación, se indican ciertos parámetros fundamentales para realizar el muestreo de agua procedente de vertientes subterráneas (INEN INEN 2013, p. 5):

- Diseñar un programa de muestreo
- Identificar los puntos de muestreo
- Evaluar las características del flujo de agua
- Considerar los cambios en el agua (contaminantes)
- Considerar los cambios de temperatura cuando se realiza el muestreo
- El recipiente debe ser estéril
- El recipiente para recolectar la muestra debe garantizar la integridad de la muestra y proteger de contaminantes externos
- Se recomienda utilizar recipientes de polietileno de alta densidad para las muestras que se utilizarán en ensayos físico químicos
- Para realizar el análisis microbiológico se recomienda utilizar recipientes que resistan a elevadas temperatura durante la esterilización
- Los recipientes deben permanecer cerrados hasta llegar al laboratorio con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación

#### **2.2.5. Calidad del agua**

A nivel general la calidad de agua depende de la presencia y la concentración de componentes tanto orgánicos como inorgánicos, los cuales pueden ir variando según las estaciones del año, la zona climática, etc. En el caso del agua potable uno de los parámetros más importantes es el índice de carga microbiana porque garantiza la inocuidad y calidad del agua (Viteri 2018, p. 10).

Para valorar la calidad del agua se realizan ensayos físico químicos como los siguientes (Lara 2018, p. 11):

Dentro de los parámetros físicos se analiza:

- Color: el agua no debe presentar coloración, ya que podría ser un signo de contaminación con partículas extrañas.
- Olor: el agua se caracteriza por ser inodora, sin embargo, cuando hay sustancias inorgánicas y orgánicas disueltas, el agua puede adquirir un olor característico.
- Sabor: el agua en estado puro es insípida, sin embargo, cuando se encuentra contaminada puede presentar algún sabor característico.
- pH: es el parámetro de acidez o alcalinidad de una solución y en el caso del agua pura, no

ionizada tiene un pH neutro de 7, sin embargo, el agua de vertientes subterráneas puede tener un pH de 6-8.

- Conductividad: es un parámetro que indica la capacidad del agua para poder conducir una corriente eléctrica mediante los iones disueltos, teniendo en cuenta que el agua potable tiene una conductividad de 50-500 mmhos/cm
- Turbidez: parámetro que mide el grado en que el agua puede perder su transparencia a causa de partículas en suspensión.
- Sólidos totales: parámetro que mide la cantidad de sustancias inorgánicas (calcio, potasio, magnesio, sulfatos, etc.) y orgánicas que se encuentran disueltas en el agua.

Dentro de los parámetros químicos se analiza:

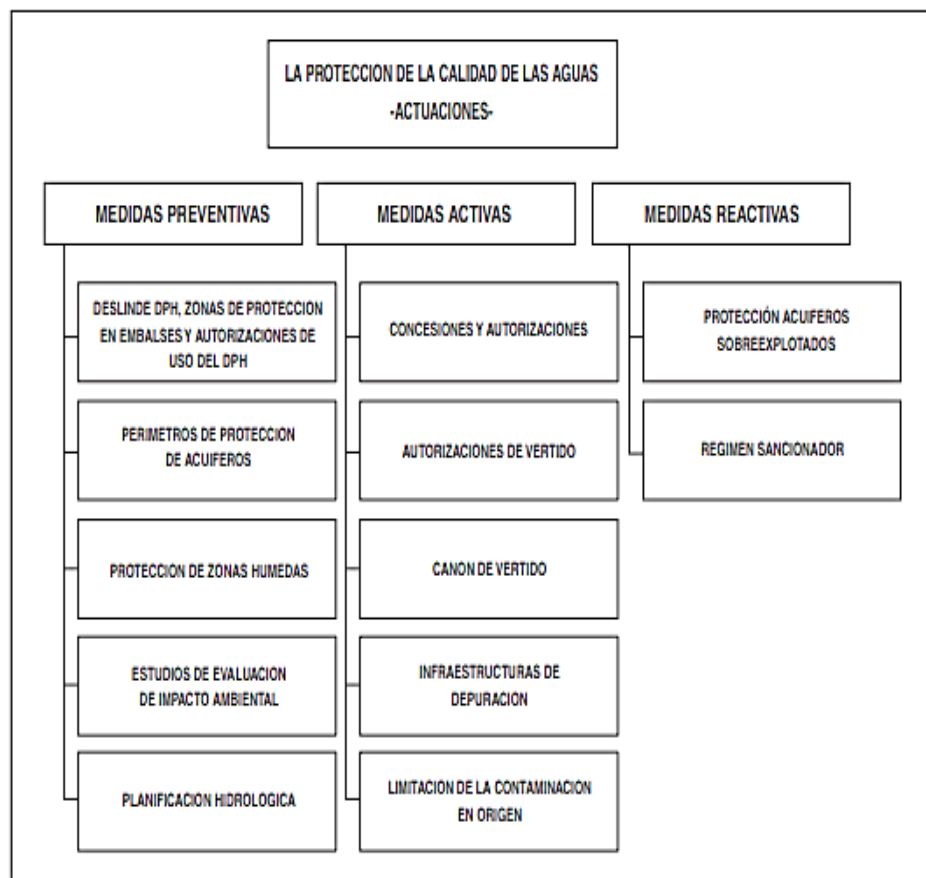
- Dureza: parámetro que evalúa la concentración de los compuestos minerales en una muestra de agua.
- Cloruros: es un anión inorgánico y su contenido procede de aguas residuales o fuentes naturales.
- Fosfatos: es un compuesto no tóxico para el ser humano, pero su alto contenido causa un elevado crecimiento de las algas y el abatimiento del oxígeno disuelto.
- Nitritos y nitratos: son un importante indicador de la calidad del agua ya que un aumento de estos compuestos puede causar intoxicación y metahemoglobinemia, provocando que no llegue oxígeno suficiente a los tejidos.
- Sulfatos: compuestos que se hallan de forma natural en el agua, sin embargo, en altas concentraciones puede tener un efecto laxante en el consumidor.
- Flúor: compuestos que se hallan de forma natural en el agua, sin embargo, en altas concentraciones puede generar un daño en huesos y dientes.
- Hierro: es un compuesto que generalmente no representa un riesgo para los consumidores, sin embargo, en altas concentraciones le confieren un olor y sabor desagradable al agua
- Manganeso: es un compuesto que generalmente no representa un riesgo para los consumidores, sin embargo, en altas concentraciones le confiere al agua un sabor, olor y color desagradable, además, pueden proliferar bacterias que se alimenten de este mineral.
- Amonio: es un indicador de contaminación, descomposición de microorganismos, residuos de actividades a nivel industrial y es uno de los principales productos de excreción en los organismos.

#### ***2.2.6. Actuaciones para la protección de la calidad del agua***

Ante la situación global de la falta de calidad del agua en diversos sectores, es importante realizar la caracterización de las aguas de fuentes naturales como ríos y acuíferos de las cuencas

hidrográficas, con el fin de determinar si cumplen con las especificaciones mínimas de calidad (Bosch 2018, p.197).

Si bien es cierto, la calidad de las aguas puede modificarse debido a causas naturales y a factores externos que degradan las características de este recurso hídrico, siendo importante promover la protección del agua para garantizar que sea segura e inocua para su uso. Debido a esto surgen medidas para la protección de su calidad, que radican en la prevención, control y resolución de los problemas causados por la contaminación de las aguas, como se indica a continuación en la ilustración 3-2 (Bosch 2018, p.197):



**Ilustración 3-2:** Actuaciones para proteger la calidad del agua

**Fuente:** Confederación hidrográfica de España, 2020.

### 2.2.7. Ensayos físico químicos según NTE INEN 1108

De acuerdo a la normativa técnica NTE INEN 1108 sobre “Agua para consumo humano, requisitos”, se establecen como parámetros de calidad físico químicos los mencionados a continuación en la tabla 4-2:

**Tabla 4 -2:** Requisitos físico químicos del agua de consumo humano

Parámetro	Límite	Unidad
Arsénico	0,01	mg/L
Cadmio	0,003	mg/L
Cloro libre	0,3-1,5	mg/L
Cobre	2,0	mg/L
Color aparente	15	Pt-Co
Cromo	0,05	mg/L
Fluoruro	1,5	mg/L
Mercurio	0,006	mg/L
Nitritos	3,0	mg/L
Nitratos	50,0	mg/L
Plomo	0,01	mg/L
Turbidez	5	-

Fuente: NTE INEN 1108.

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

#### 2.2.8. Ensayos microbiológicos

De acuerdo a la normativa técnica NTE INEN 1108 sobre “Agua para consumo humano, requisitos”, se establecen como parámetros de calidad microbiana los indicados en la tabla 5-2:

**Tabla 5-2:** Requisitos microbiológicos del agua de consumo humano

Parámetro	Límite	Unidad
Coliformes fecales	Ausencia	Número/100 ml
<i>Cryptosporidium</i>	Ausencia	Número de ooquistes/L
<i>Giardia</i>	Ausencia	Número de quistes/L

Fuente: NTE INEN 1108.

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

#### 2.2.9. Enfermedades transmitidas por el agua

Los agentes patógenos se pueden transmitir a través del agua de consumo humano, dentro de ellos los microorganismos resistentes. Principalmente pueden surgir varias enfermedades gastrointestinales a causa de bacterias, virus, protozoos y helmintos, como se indica en la ilustración 4-2 (OMS 2017, p. 145).

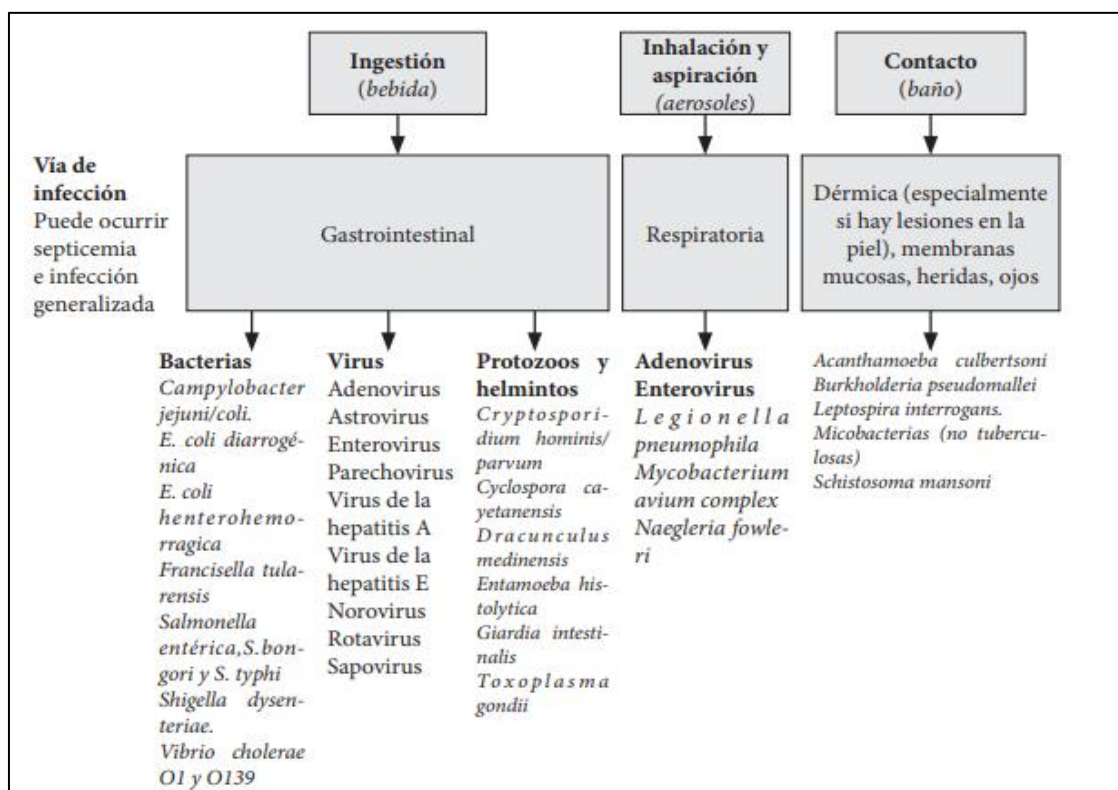
Dentro de las principales bacterias patógenas se encuentran las siguientes: *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Escherichia coli*, *Campylobacter*, *Leptospira*, *Legionella*, *Pseudomona*



*aeruginosa*, *Shigella*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia* y *Vibrio*, las cuales son causantes de enfermedades como diarrea, infecciones gastrointestinales, infecciones de origen hídrico, cáncer gástrico y enfermedades transmitidas por alimentos (Andaluza 2018, p. 17).

Existen diferentes microorganismos indicadores de la calidad del agua, como se indica a continuación (Andaluza 2018, p. 19):

- Bacterias aerobias mesófilas: cuando estas bacterias se encuentran en altas cantidades indican la contaminación del agua y problemas de higiene.
- Coliformes totales: cuales existe presencia de coliformes, es un indicativo de la contaminación del agua y de malas condiciones de higiene. Destacan las siguientes bacterias: *Citrobacter*, *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Proteus mirabilis* y *Klebsiella pneumoniae*.
- Enterococos: son un indicativo de contaminación fecal, al encontrarse bacterias gram negativas como *Enterococcus faecalis*.
- Mohos y levaduras: estos microorganismos indican contaminación ambiental, falta de higiene y limpieza.

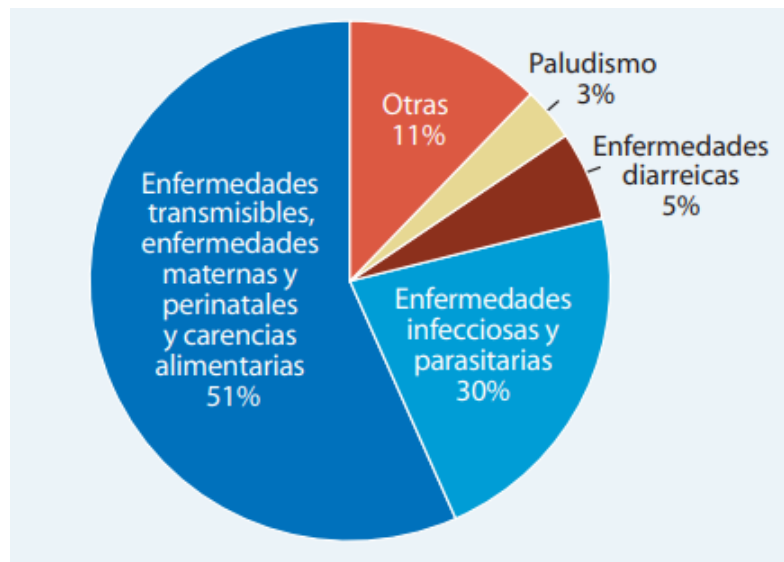


**Ilustración 4-2:** Agentes patógenos relacionados con el agua

Fuente: OMS, 2011, p.145.

### 2.2.10. Defunciones causadas por enfermedades relacionadas con el agua

Según la Organización de las Naciones Unidas, existe un alto porcentaje de defunciones a causa de patologías relacionadas con el consumo del agua, lo cual, es un indicativo de la falta de calidad de este recurso hídrico. La principal causa de defunción son las enfermedades transmisibles y las carencias alimentarias, ya que no todos los sectores tienen acceso al consumo de agua y en los sectores que sí disponen de agua, no cuentan en su mayoría con la garantía de su calidad, también existe una gran cantidad de enfermedades infecciosas que causan un cuadro grave en el paciente, requiriendo hospitalización hasta reestablecer su condición y en sectores vulnerables se ha visto una gran cantidad de casos de cuadros diarreicos y paludismo, como se indica en la ilustración 5-2 (Fernández 2017, p. 160).



**Ilustración 5-2:** Defunciones relacionadas con la calidad del agua

Fuente: ONU, 2015.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Lugar de la investigación

El presente estudio se desarrolló en la red de distribución de agua de las parroquias urbanas del cantón Guano, ubicado en la provincia de Chimborazo. El cantón tiene una superficie de alrededor de 473 km<sup>2</sup>, su altitud va desde los 2.000-6.310 msnm, en el nevado Chimborazo (Redroban 2017, p. 10).



**Ilustración 1-3:** Distribución geográfica del cantón Guano

Fuente: Redroban, J. 2017.

#### 3.2. Enfoque y diseño de investigación

El presente trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo con diseño observacional y de tipo descriptivo, ya que se basa en la determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de agua procedente de vertientes subterráneas para consumo humano en las parroquias urbanas del cantón guano, mediante un método analítico a nivel del laboratorio.

#### 3.3. Diseño experimental

##### 3.3.1. Población de estudio y/o tamaño de muestra y/o método de muestreo

La población de estudio estuvo constituida por muestras de agua de diferentes puntos estratégicos en la red de distribución de este recurso hídrico en las parroquias urbanas del cantón Guano.

Muestra:

La recolección de las muestras se realizó en diferentes puntos de la red de distribución de agua, siendo éstas: Cuatro vertientes subterráneas, tres tanques de reserva y tres grifos de agua de las casas de las parroquias La Matriz y El Rosario, ubicados en el cantón Guano. El volumen de recolección de la muestra se realizó en 2 frascos limpios y estériles.

Para el examen microbiológico se recolecto un volumen de 100 ml y para el examen físico-químico se recogió un volumen de 500ml. Tomando en cuenta los siguientes criterios:

### **3.3.2. Criterios de inclusión**

- Agua proveniente de vertientes subterráneas para consumo humano
- Agua de consumo humano
- Agua en estanque de reserva para distribución a la comunidad
- Agua obtenida de los grifos de agua de las casas

### **3.3.3. Criterios de exclusión**

- Agua potable
- Agua de riego
- Agua no proveniente de vertientes subterráneas
- Agua acumulada para consumo humano

### **3.3.4. Identificación de variables**

- **Variable dependiente:**

Calidad del agua

- **Variable independiente:**

Indicadores físico químicos

Indicadores microbiológicos

## **3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación**

Para la realización del estudio se trabajó en cuatro fases, las cuales comprenden:

### **3.4.1. Fase I: Toma de muestra**

Para el estudio se eligieron diferentes puntos de muestreo en cuatro vertientes de aguas subterráneas, tres tanques de reserva y tres llaves de agua de las parroquias La Matriz y El Rosario,

del cantón Guano. Se utilizaron 2 frascos limpios y estériles de plástico de 100ml y 500ml, llenando las  $\frac{3}{4}$  partes de los recipientes y se procederá a codificar los envases. Las muestras se transportan al laboratorio en condiciones estériles, libre de luz y se conserva en refrigeración hasta el posterior análisis.

Posteriormente se codificaron las muestras de agua de las vertientes, tanques y de la red domiciliaria, asignando los códigos que se pueden observar en la Tabla 1-3:

**Tabla 1-3:** Codificación de las muestras de agua

	Lugar de Muestreo	Código
Vertientes	Guayco 1	G1
	Guayco 2	G2
	Guayco 3	G3
	Villagrán	VV
Tanques	Tanque de Distribución de Barrios Altos	TDBA
	Tanque de Distribución Lluishi	TDLI
	Tanque de Distribución de La Inmaculada	TDI
Red Domiciliaria	Red de Domiciliaria de Barrios Altos	RDBA
	Red de Domiciliaria Lluishi	RDLI
	Red de Domiciliaria de La Inmaculada	RDI

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

### 3.4.2. Fase II: Análisis físicoquímico del agua

Para realizar el análisis físico químico de las muestras de agua se utilizaron los siguientes materiales, equipos y reactivos:

#### 3.4.2.1. Materiales

Los materiales usados para el ensayo físico químico de las muestras fueron los siguientes:

- Tubos de ensayo
- Vasos de precipitación
- Pipetas de 5 ml
- Pipetas de 10 ml
- Pipetas volumétricas de 5 ml
- Pipetas volumétricas de 10 ml
- Picetas

- Agua destilada
- Pera de succión
- Agitador de vidrio
- Mechero de alcohol
- Gradilla

Los materiales usados para el ensayo microbiológico de las muestras fueron los siguiente:

- Conos con membranas para el vacío
- Kitasato
- Tapón de caucho con orificio
- Manguera
- Mechero de alcohol
- Placas porta objetos
- Placas cubre objetos

#### *3.4.2.2. Equipos*

Los equipos usados para el análisis físico químico de las muestras fueron los siguientes:

- pHmetro Metrohn 744
- Conductímetro OAKTON PC 2700
- Turbidímetro HACH RATIO/R/XR/TURBIDIMETER
- Espectrofotómetro HACH DR2800
- Estufa
- Agitador

Los materiales usados para el análisis microbiológico de las muestras de agua fueron los siguientes:

- Bomba al vacío
- Incubadora
- Microscopio

#### *3.4.2.3. Físicos*

Color: Se utilizó el equipo HACH DR2800, se seleccionó el test de 125 color 465 nm, luego se colocó en una celda 10 ml de agua destilada y se seleccionó “cero”, después de colocó en una celda 10 ml de muestra y se realizó la medición del color.

pH: El análisis se realizó en el equipo Metrohn 744 pH meter, se lavó el electrodo con abundante agua destilada, luego se colocó la muestra de agua en un vaso de precipitación, se introdujo el electrodo y se realizó la lectura del pH.

Sólidos disueltos: Se realizó el análisis en el equipo OAKTON PC 2700, donde se colocó la muestra de agua en un vaso de precipitación y se introdujo el electrodo del equipo para realizar la lectura de la muestra.

Conductividad: Se realizó el análisis en el equipo OAKTON PC 2700, donde se colocó la muestra de agua en un vaso de precipitación y se introdujo el sensor del conductímetro para dar lectura a la muestra.

Turbidez: El análisis se realizó en el equipo HACH RATOR/XR/TURBIDIMETER, donde se colocó la muestra de agua hasta la marca indicada, se introdujo en el porta celdas y se realizó la medición. Los resultados se obtuvieron en NTU, que es la unidad nefelométrica de turbidez.

#### 3.4.2.4. Químicos

Nitritos: Se realizó el análisis en HACH DR2800 y se seleccionó el test “N Nitrito RB AV 375”. Para la preparación de la muestra se llenó la cubeta de 10 ml, se añadió el reactivo Nitriver, se mezcló el contenido, agitando con rotación y se observó el cambio de coloración (en caso de presentar nitritos la mezcla adquiriría una tonalidad ámbar). Para preparar el blanco, se llenó otra cubeta con 10 ml de agua destilada, cuando sonó el temporizador se limpió la cubeta del blanco y se colocó en el soporte porta cubetas, luego se seleccionó en la pantalla “cero” y se verificó que indique 0,00 mg/L  $\text{NO}^{-3} - \text{N}$ . Se limpió el exterior de la cubeta de la muestra, se colocó en el soporte porta cubetas y se realizó la medición.

Nitratos: Se analizó en HACH DR2800 y se seleccionó el test “N Nitrato RA PP 355”. Para la preparación de la muestra se llenó la cubeta de 10 ml, se añadió el reactivo Nitriver 5, se mezcló el contenido, agitando con rotación y se observó el cambio de coloración (en caso de presentar nitratos la mezcla adquiriría una tonalidad ámbar). Para preparar el blanco, se llenó otra cubeta con 10 ml de agua destilada, cuando sonó el temporizador se limpió la cubeta del blanco y se lo colocó en el soporte porta cubetas, luego se seleccionó en la pantalla “cero” y se verificó que indique 0,00 mg/L  $\text{NO}^{-3} - \text{N}$ . Se limpió el exterior de la cubeta de la muestra, se colocó en el soporte porta cubetas y se realizó la medición.

Fluoruros: Se analizó en HACH DR2010. Se ingresó en el equipo el número de programa para

fluoruro, se giró el cuadrante de longitud de onda hasta los 580 nm, se colocó el elevador de celda en el compartimento y se colocó 10 ml de muestra, en otra celda se colocó 10 ml de agua desionizada, se añadió 2 ml de reactivo SPADNS, se mezcló y se presionó “Shift timer” hasta que aparezca mg/L F<sup>-</sup> para colocar el blanco en el soporte de celdas. Luego se presionó “Zero” hasta que apareció 0,00 mg/L F<sup>-</sup> y se colocó la muestra en el soporte de celdas, finalmente, se leyó el resultado.

Cloro residual: Se llenó el frasco 1 con el agua a ser analizada hasta la línea de 10 ml (blanco), luego se tapó el frasco con una tapa plástica y se colocó en el equipo. Se encendió el equipo y se retiró el blanco, después se llenó el frasco 2 con la muestra a ser analizada hasta la línea de 10 ml, se añadió el reactivo DPD, se agitó por 20 segundos, se colocó el frasco en el equipo y se leyó el resultado.

Cadmio: En el tubo 1 se colocó 10 ml de la muestra de agua, 1 ml de reactivo A y se homogeneizó la muestra. En el tubo 2 de TNT 892 se agregó 0,4 ml de reactivo B, se homogeneizó y se realizó la lectura en el equipo HACH. Se tomaron 4 ml del tubo 1 y se colocaron en el tubo 2, se homogeneizó, se esperó 30 segundos y se realizó una segunda lectura en el equipo.

Arsénico: Se analizó en HACH, con el test de arsénico de 0-500 ppb. Se insertó la tira de ensayo hasta que la almohadilla cubrió la abertura pequeña, se llenó el frasco de reacción con 50 ml de muestra, se agregó el reactivo 1, se mezcló, luego se agregó el reactivo 2 a la muestra, se mezcló y se esperó 3 minutos, se colocó el reactivo 3, se mezcló y se esperó por 2 minutos, se agregó el reactivo 4, se mezcló y se agregó el reactivo 5. Finalmente se tapó el frasco, se esperó entre 30-35 minutos, se mezcló la solución y se extrajo de tira de ensayo para comparar el color obtenido con el gráfico del frasco de tiras.

### **3.4.3. Fase III: Análisis microbiológico del agua**

Para realizar el análisis microbiológico se utilizó el método de filtración por membrana, para determinar los siguientes microorganismos:

#### **3.4.3.1. Coliformes totales y coliformes fecales**

Se conectó el matraz a la bomba de vacío, se puso el tapón de goma con el adaptador y se realizó un movimiento giratorio suave, luego se vertió la muestra con cuidado en el filtro, se tapó nuevamente y se encendió la bomba de vacío para tirar de la muestra a través del filtro. Se retiró brevemente el filtro del tapón de goma para liberar cualquier presión de vacío, se agregó el medio de cultivo por la parte superior del filtro, se encendió brevemente la bomba de vacío para evitar



la agrupación del medio en parte superior del filtro.

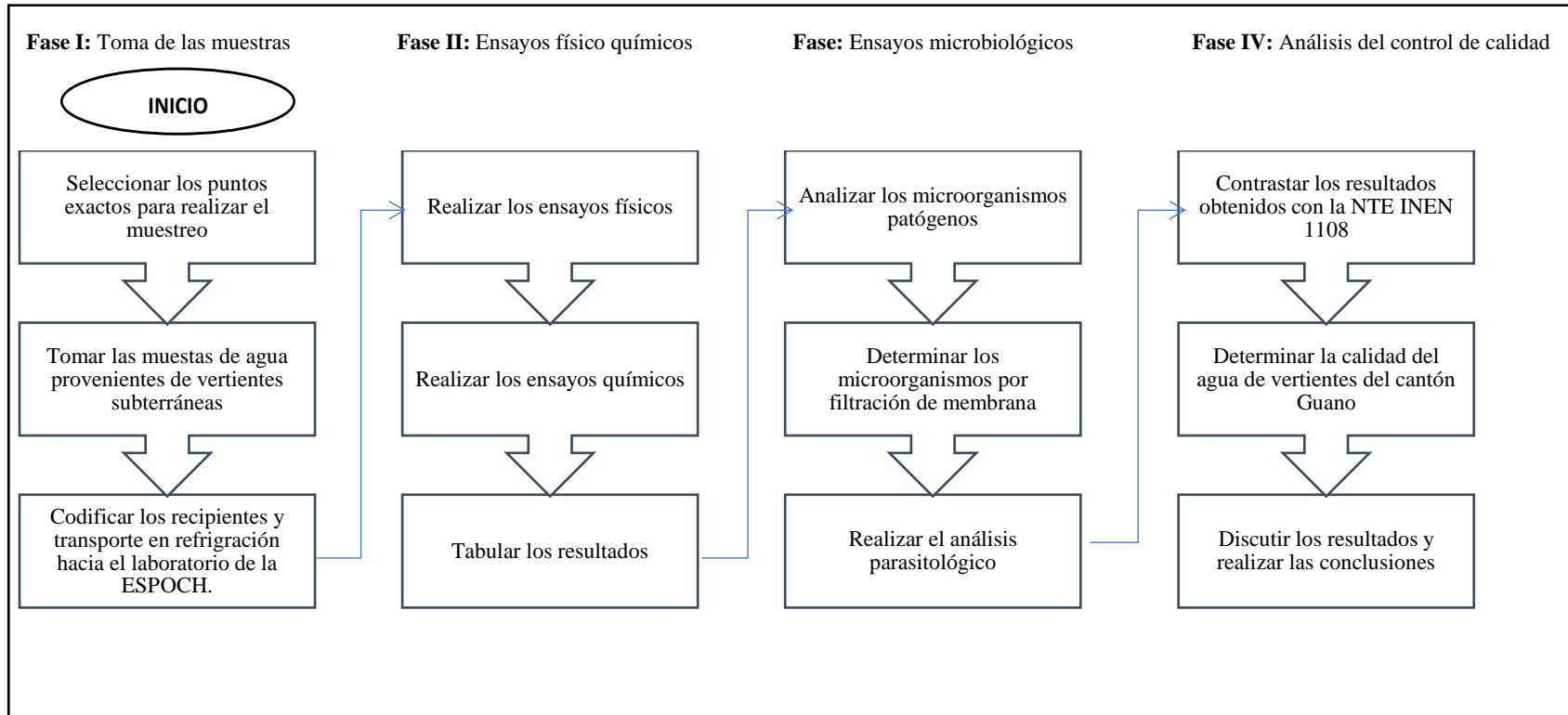
Los medios se empaparon correctamente en el filtro, luego se retiró y desechó adecuadamente el embudo de plástico del filtro. Se colocó la tapa del filtro sobre la base del filtro para convertir la unidad en una placa de Petri para la incubación de la muestra, se retiró el filtro del adaptador del embudo y se colocó un tapón en el puerto inferior abierto, finalmente, se colocó el filtro en la incubadora invertido de manera que la cubierta quedó hacia abajo y se incubó durante el tiempo y la temperatura adecuados para los medios usados.

#### *3.4.3.2. Escherichia coli, Entamoeba histolytica, Cryptosporidium parvum y Giardia lamblia*

Para el análisis se requirió de una pipeta, tubos limpios y etiquetados, donde se colocó 10 ml de muestra, en cada tubo. Se centrifugaron los tubos por 10 minutos y desechó la mayor cantidad de agua posible, dejando una gota al final del tubo. Finalmente, se agitó el tubo con la última gota de muestra, se trasladó al portaobjetos y se tapó con el cubreobjetos, para observar al microscopio

#### **3.4.4. Fase IV: Análisis de calidad del agua según la NTE INEN 1108:2020**

Finalmente se realizó la verificación de los resultados obtenidos en los ensayos físicos, químicos y microbiológicos y se compararon con los límites establecidos en la normativa de calidad sobre los requisitos del agua para consumo humano, para determinar si el agua procedente de vertientes subterráneas. A continuación, se presenta el esquema general de las etapas para el desarrollo del proyecto de titulación:



**Ilustración 2-3:** Procedimiento realizado para el desarrollo de trabajo de titulación

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

### 3.5. Operacionalización de variables

**Tabla 2-3:** Operacionalización de las variables de estudio

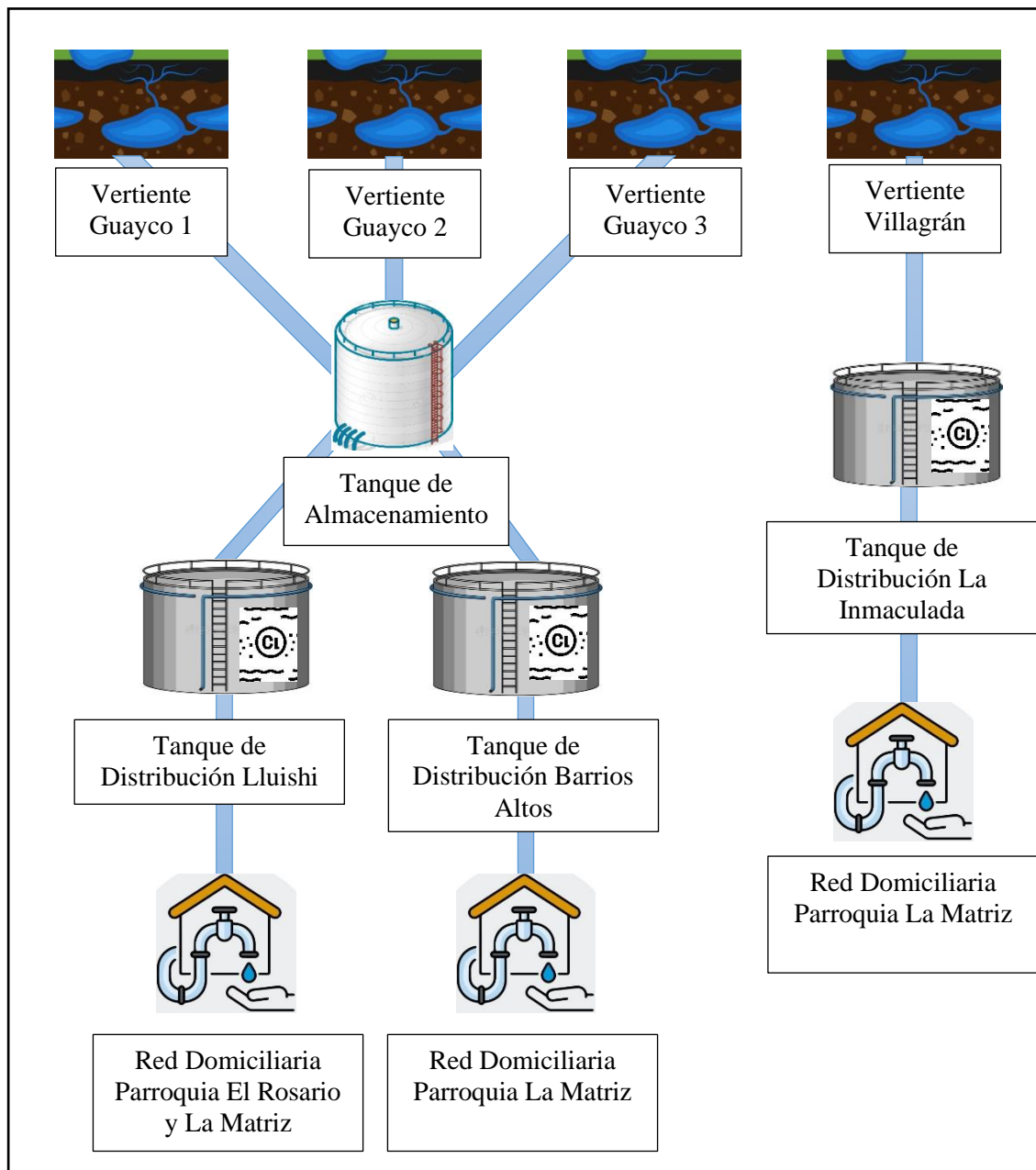
VARIABLES	CONCEPTO	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
<u>Variable Dependiente:</u> <b>Calidad del agua</b>	La calidad del agua es la evaluación de su naturaleza a nivel químico, físico y microbiológico en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles.	Cumplimiento de los parámetros de la norma NTE INEN	NTE INEN 1108:2020
<u>Variables Independientes:</u>  <b>Ensayos físico químicos</b>	Son procedimientos utilizados para analizar los parámetros de calidad físicos y químicos de una muestra determinada.	Color pH Sólidos disueltos Conductividad Turbidez Nitritos Nitratos Fluoruros	Observación directa Potenciómetro Conductímetro Analizador de agua
<b>Ensayos microbiológicos</b>	El análisis microbiológico es el uso de métodos biológicos, bioquímicos, moleculares o químicos para la detección, identificación o enumeración de microorganismos en una muestra	Crecimiento en placa de: Coliformes totales Coliformes fecales Visualización de: <i>Escherichia coli</i> <i>Escherichia histolytica</i> <i>Cryptosporidium parvum</i> <i>Giardia lamblia</i>	Observación directa del crecimiento microbiano  Microscopio

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizó la toma de muestras de agua para el análisis microbiológico y físico químico, dentro de los cuales se analizó el pH, conductividad, sólidos disueltos, turbidez, color, cloro, fluoruros, nitritos y nitratos de agua proveniente de vertientes, tanques y redes domiciliarias del cantón Guano de las parroquias urbanas, que están divididos de la siguiente manera:



**Ilustración 1-4:** Diagrama de la toma de muestras del agua  
Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

#### 4.1. Análisis físico químico del agua

##### 4.1.1. Análisis de vertientes subterráneas de agua y tanques de distribución.

Se tomó muestras en las vertientes subterráneas que proveen el agua a las parroquias El Rosario y La Matriz de Guano provincia de Chimborazo, siendo estas Guayco 1, Guayco 2, Guayco 3 y Villagrán las mismas que almacenan el agua en los tanques de distribución de Barrios Altos, Luishi y la Inmaculada, se realizó los debidos análisis en el laboratorio de calidad de agua obteniendo los valores indicados en la tabla 1-4 y tabla 2-4:

**Tabla 1-4:** Análisis fisicoquímico del agua proveniente de Vertientes subterráneas

Análisis de vertientes subterráneas									
Parámetro	Unidad	G1		G2		G3		VV	
		MI	MII	MI	MII	MI	MII	MI	MII
pH	-	7,340	7,190	7,140	7,380	7,210	7,070	7,360	7,390
Color	Pt-Co	0,010	0,0100	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Turbidez	NTU	0,950	0,309	0,113	0,127	0,124	0,353	0,060	0,481
Conductivida d	mS/cm	479,70 0	467,60 0	449,80 0	467,00 0	463,10 0	478,80 0	696,70 0	709,70 0
SDT	mg/L	290,90 0	280,60 0	284,10 0	286,80 0	294,80 0	289,30 0	426,40 0	430,40 0
Cloro residual	mg/L	0,0200	0,000	0,0200	0,000	0,090	0,0300	0,000	0,010
Nitritos	mg/L	0,0070	0,004	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,005
Nitratos	mg/L	3,200	2,900	2,800	2,500	1,800	2,200	2,100	2,300
Fluoruros	mg/L	0,700	0,780	0,830	0,850	0,740	0,720	1,1700	1,190
Cadmio	mg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Arsénico	mg/L	0,012	0,012	0,010	0,020	0,012	0,016	0,010	0,012

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

**Tabla 2-4:** Análisis fisicoquímico del agua proveniente de los tanques de distribución

Análisis de tanques de distribución							
Parámetro	Unidad	TDLI		TDBA		TDI	
		Muestra I	Muestra II	Muestra I	Muestra II	Muestra I	Muestra II
pH	-	7,380	7,790	7,470	7,320	7,430	7,480
Color	Pt-Co	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Turbidez	NTU	0,167	0,418	0,073	0,1680	0,073	0,078
Conductividad	mS/cm	502,500	471,300	478,600	476,100	696,300	692,700
SDT	mg/L	310,300	285,600	290,400	288,000	423,100	420,700
Cloro residual	mg/L	0,410	0,430	0,080	0,060	0,410	0,140
Nitritos	mg/L	0,004	0,004	0,005	0,004	0,003	0,005
Nitratos	mg/L	2,500	2,600	2,700	2,100	2,300	2,600

<b>Fluoruros</b>	mg/L	1,140	0,930	1,120	0,860	1,070	1,250
<b>Cadmio</b>	mg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Arsénico</b>	mg/L	0,016	0,014	0,014	0,016	0,014	0,016

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

En la tabla 1-4, se observa el pH del agua de las vertientes subterráneas determinando que, las muestras presentaron un pH entre 7,140 a 7,390 entre el primer y segundo muestreo. Al evaluar la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, el pH debe estar entre 6 a 8 para destinar al consumo humano cumpliendo así este requisito, en la tabla 2-4, el pH de los tanques de distribución fluctuó entre 7,32 a 7,79 entre los 2 muestreos realizados; lo que indica que el agua aumenta su alcalinidad ligeramente, esto se debe a la formación de sales básicas en la cloración. De acuerdo a un estudio sobre “El dióxido de carbono como forma sostenible de reducir el pH del agua”, el pH es de las más importantes características químicas para determinar la calidad y capacidad del agua, debido a que mide la actividad del potencial de los iones hidrógenos (H<sup>+</sup>), el cual debe ser neutro (pH=7) en el agua pura (Palle 2018, p. 84)

El color del agua de las vertientes subterráneas y tanques de distribución evidenciadas en la tabla 1-4 y en la tabla 2-4 es 0,1 Unidades de Platino-Cobalto en todas las mediciones; según la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes el color real del agua destinada para consumo humano no debe rebasar 75,0 Unidades de Platino-Cobalto, lo que permite evidenciar que las aguas tienen el mismo color tanto en la fuente como en el lugar en el que se almacena. En un estudio para “Validación de un método para el análisis de color real en agua” menciona que una de las propiedades organolépticas del agua es el color que es la facultad que tiene un objeto para absolver, reflejar, y emitir ondas y se puede ver afectado debido a la presencia de material disuelto, suspendido o coloidal. (Martínez et al 2018, p. 144).

Se evidencia en la tabla 1-4 que la turbidez del agua oscila entre 0,060 y 0,950 NTU; en la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes no debe sobrepasar los 100,0 NTU; en la tabla 2-4 los valores están en un rango de 0,073 a 0,418 NTU y se puede advertir que la turbidez del agua en los tanques de distribución es menor que en las vertientes, esto debido que al almacenar el agua la materia suspendida en ella se precipita hacia el fondo del tanque disminuyendo así estos valores. En un estudio sobre “La calidad bacteriológica, pH y turbidez del agua potable para el consumo humano en la red de distribución del acueducto del municipio de UNE - Cundinamarca”, indica que, la turbidez es una propiedad óptica que se debe a la dispersión y absorción de la luz, lo cual, varía cuando el agua tiene pequeñas partícula en suspensión, como por ejemplo arcillas, fango, sílice, azufre, debido al escurrimiento superficiales de la materia mineral y orgánica suspendida (Rodriguez et al 2018, p. 20)

Respecto a la conductividad del agua de las vertientes subterráneas se obtuvieron valores variables

entre 449,8 hasta 709,7 mS/cm, mientras que en los tanques de distribución los valores estaban entre 471,3 a 696,3 mS/cm. Se determinó que, la conductividad del agua de las fuentes y de los tanques de distribución no tuvieron un cambio significativo ya que los valores no variaron en gran medida, además, es importante mencionar que cualquier variación en este parámetro puede deberse a precipitaciones, problemas de contaminación, caudal del agua, entre otros. Según un estudio realizado en “La planta de tratamiento de agua potable Bosconia en Bucaramanga”, la conductividad se define como la capacidad de un material para poder atravesar la corriente eléctrica, por lo que, se considera que el agua por naturaleza no permite la conducción de la electricidad a menos que tenga algún agente contaminante (Murcia 2019, p. 18).

En cuanto a los sólidos disueltos totales en la tabla 1-4 se obtuvieron valores que varían entre 280,6 a 430,4 mg/L, en la tabla 2-4 se obtuvieron valores entre 285,6 y 423 mg/L, lo que indicó que, no existió una diferencia significativa en los valores obtenidos. A nivel general, se acepta como máximo 500 mg/L de sólidos disueltos, debido a que es un parámetro de calidad que indica las sales disueltas en el agua (Chacón 2019, p. 26). Una investigación realizada en Cuenca sobre “Sólidos suspendidos en el agua del río Tabacay y su vinculación con la cobertura vegetal”, determinó que existía una concentración de 511 mg/L de sólidos disueltos, pudiendo deberse al aumento de la erosión del suelo y al incremento del caudal del agua debido al arrastre de material orgánico e inorgánico (Jaya 2018, p. 80).

El agua contiene grandes cantidades de sales que brindan la propiedad de dureza al agua. Se pueden evidenciar dos tipos de dureza, la carbonatada y no carbonatada y dentro de esta última se encuentra el cloro, los nitritos, nitratos y sulfatos (García 2018, p. 3). Conforme a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes para que el agua pueda ser usada para el consumo el valor de cloro debe ser menor a 250 mg/L, los valores de cloro en los dos muestreos se encontró en un rango de 0-0,09 mg/L en las vertientes subterráneas y entre 0,06-0,43 mg/L en los tanques de distribución, evidenciando los valores más altos en el agua de los tanques, esto debido a que el agua es clorada, ya que se considera que el cloro es un producto que destruye los todos los organismos infecciosos que se encuentran en el agua.

En el caso de nitritos y nitratos la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, se considera que, el valor no debe ser mayor a 1,0 mg/L para nitritos y 10,0 mg/L para nitratos. En la tabla 1-4 se obtuvieron valores de 0,004-0,007 mg/L en nitritos y 1,8-3,2 mg/L en nitratos tanto en la primera y segunda toma de muestra, mientras que, en la tabla 2-4 en nitritos los valores fluctuaron de 0,003-0,005 mg/L y los nitratos de 2,1-2,7 mg/L, lo que indicó una baja concentración de estas sustancias en el agua, debido a que, son compuestos que indican contaminación de tipo agronómico, industrial o ganadero (Bolaños et al, 2018, p. 17).

Dentro de los contaminantes químicos del agua que son considerados perjudiciales para la salud del consumidor, destacan el flúor, arsénico, cadmio, cianuro y mercurio. En este estudio se obtuvieron las siguientes concentraciones en las muestras del agua subterránea de estos elementos: flúor (0,70-1,19 mg/L), cadmio (0,00 mg/L) y arsénico (0,010-0,016 mg/L); en los tanques de distribución se obtuvieron indican los siguientes valores: flúor (0,86-1,25 mg/L), cadmio (0,00 mg/L) y arsénico (0,014-0,016 mg/L); lo que indica que sí existe presencia de contaminantes en el agua subterránea.

Según la Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes, el criterio de calidad para arsénico es 0,1 mg/L y para cadmio es 0,01 mg/L, cualquier alteración en estos valores puede representar un riesgo en la salud de los consumidores, teniendo en cuenta, que una elevada concentración de cadmio y arsénico podrían reducir la población animal y vegetal en el agua, además, en caso de ser ingerida causa problemas renales, nerviosos, etc., (Mero et al. 2019, p. 624).

#### **4.1.2. Análisis de agua de red domiciliaria perteneciente al catón Guano**

A continuación, se presentan los resultados promedio del análisis del agua de la red domiciliaria Barrios Altos (RDBA), Lluishi (RDLL) y La inmaculada (RDI):

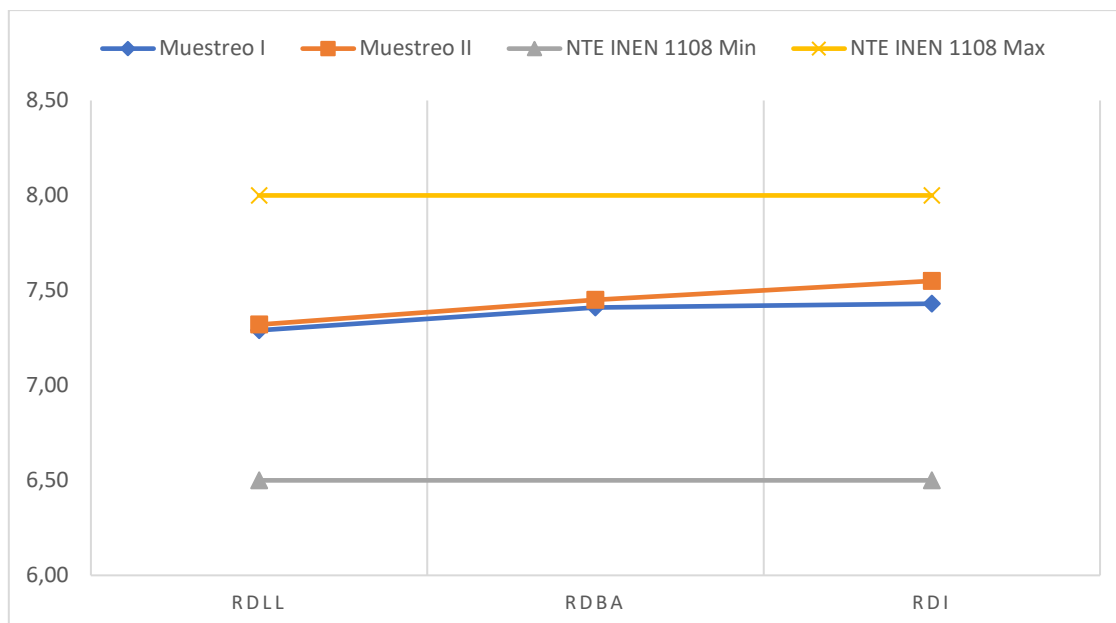
##### **4.1.2.1. Análisis del pH en las muestras de agua**

**Tabla 3-4:** Datos estadísticos del parámetro de pH del agua

<b>Análisis estadístico</b>			
	<b>Muestreo I</b>	<b>Muestreo II</b>	<b>Muestreo en conjunto</b>
Total de muestras	<b>3,000</b>	<b>3,000</b>	<b>6,000</b>
Valor mínimo	<b>7,290</b>	<b>7,320</b>	<b>7,310</b>
Valor máximo	<b>7,430</b>	<b>7,550</b>	<b>7,490</b>
Sumatoria	<b>22,130</b>	<b>22,320</b>	<b>44,450</b>
Promedio	<b>7,380</b>	<b>7,440</b>	<b>7,410</b>
Varianza	<b>0,010</b>	<b>0,010</b>	<b>0,010</b>
Desviación estándar	<b>0,080</b>	<b>0,120</b>	<b>0,100</b>

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.





**Ilustración 2-4:** Análisis del parámetro pH según la NTE INEN 1108

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

Como se indica en la ilustración 1-5, al evaluar el pH se determinó que, las muestras de agua presentaron un pH entre 7,290 y 7,550, lo que indica que cumplen con el límite establecido en la norma NTE INEN 1108.

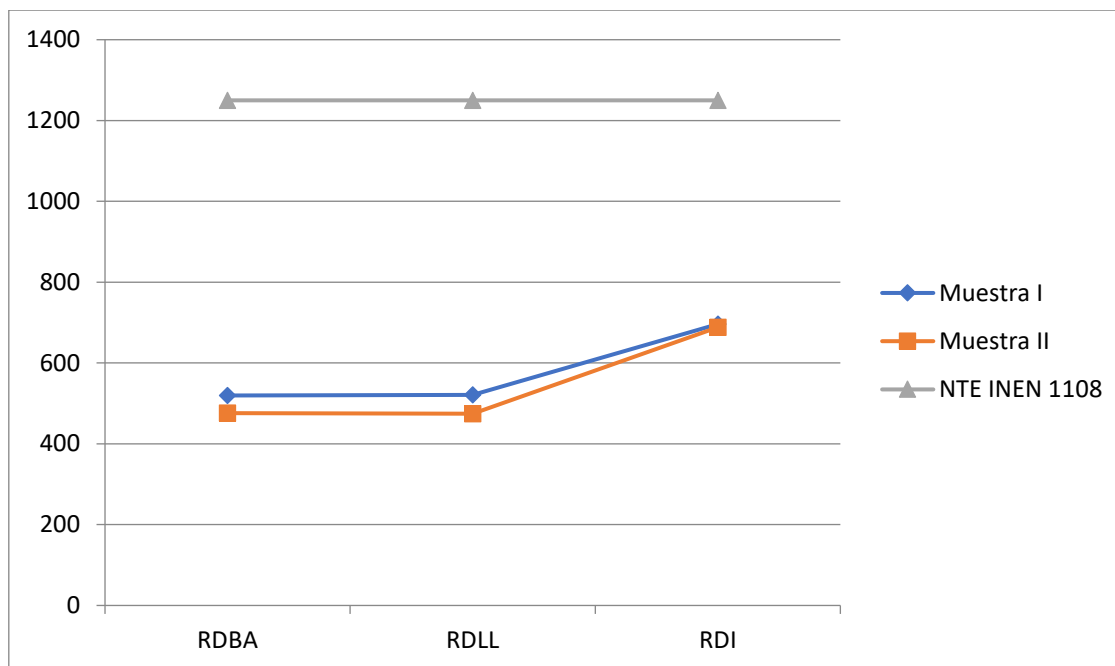
Sin embargo, se debe considerar que el agua es ligeramente alcalina y esto se debe a la presencia de sales básicas, aunque no se considera un riesgo para la salud de los consumidores. De acuerdo a un estudio sobre “Parámetros físico químicos del agua”, el pH es una medición de los iones hidrógeno en el agua, el cual debe ser neutro ( $\text{pH}=7$ ) en el agua pura; sin embargo, el incremento en este parámetro a nivel de las redes domiciliarias, puede deberse al desvanecimiento del cloro, lo que altera el crecimiento microbiano en el agua y por ende su calidad (García 2018, p. 5).

#### 4.1.2.2. Análisis de la conductividad en las muestras de agua

**Tabla 4-4:** Datos estadísticos del parámetro de conductividad del agua

Análisis estadístico			
	Muestreo I	Muestreo II	Muestreo en conjunto
<b>Total de muestras</b>	3,000	3,000	6,000
<b>Valor mínimo</b>	519,600	474,500	497,050
<b>Valor máximo</b>	696,100	688,300	692,200
<b>Sumatoria</b>	1737,000	1638,600	3375,600
<b>Promedio</b>	579,000	546,200	562,600
<b>Varianza</b>	10285,030	15144,730	12714,880
<b>Desviación estándar</b>	101,420	123,060	112,240

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.



**Ilustración 3-4:** Análisis del parámetro conductividad según la NTE INEN 1108

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

Como se observa en la ilustración 2-5, al evaluar la conductividad del agua de obtuvieron valores variables entre 449,3 hasta 696,7 mS/cm, lo que indica que se encuentran dentro del límite permitido por la normativa NTE INEN 1108. Además, es importante mencionar que se observó una mayor conductividad en la Red Domiciliaria de la Inmaculada, pudiendo deberse a que el agua proveniente de esta red presenta mayor cantidad de precipitaciones y agentes contaminantes.

La conductividad mide la capacidad que tiene una solución para poder transportar una corriente eléctrica y depende de factores como la concentración de iones, su valencia y la temperatura de medición de la muestra (Chacón 2019, p. 22).

Un estudio realizado en España sobre “Causas de las variaciones de la conductividad eléctrica del agua subterránea en el acuífero Motril-Salobreña”, determinó que la conductividad del agua superficial va desde los 800-1100 mS/cm, mientras que, el agua potable y de uso doméstico tiene una conductividad de 50-500 mS/cm. Estas variaciones se deben a diversos factores como el caudal, las precipitaciones, los usos del suelo, la aplicación de riego y los problemas de contaminación en las zonas (Rodríguez et al. 2018, p. 110).

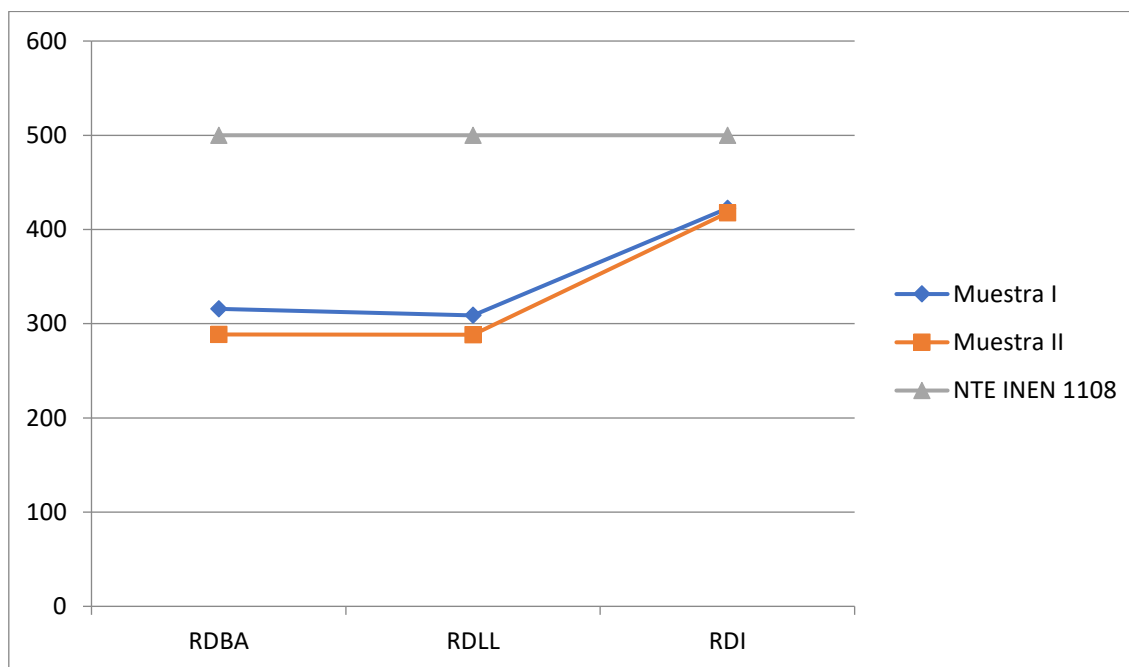
#### 4.1.2.3. Análisis de sólidos disueltos en las muestras de agua

**Tabla 5-4:** Datos estadísticos del parámetro de sólidos disueltos en agua

Análisis estadístico			
	Muestreo I	Muestreo II	Muestreo en conjunto
<b>Total de muestras</b>	3,00	3,00	6,00
<b>Valor mínimo</b>	308,80	288,30	298,55

<b>Valor máximo</b>	422,40	417,70	420,05
<b>Sumatoria</b>	1046,80	994,70	2041,50
<b>Promedio</b>	348,93	331,57	340,25
<b>Varianza</b>	4059,57	5564,25	4811,91
<b>Desviación estándar</b>	63,71	74,59	69,15

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.



**Ilustración 4-4:** Análisis del parámetro sólidos disueltos según la NTE INEN 1108

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

En cuanto a los sólidos disueltos totales se tuvieron valores promedio de 288,3 a 422,4 mg/L, como se observa en la ilustración 3-5. Se observó mayor cantidad de sólidos disueltos en la red domiciliaria La Inmaculada, lo cual, puede deberse a que el agua proveniente de esa red presenta mayor cantidad de materia orgánica e inorgánica disuelta, como calcio, potasio, sodio, magnesio, entre otros.

Los sólidos disueltos son un importante parámetro de calidad del agua, que indican el total de sales suspendidas o disueltas en el agua, las mismas que al estar en elevadas cantidades pueden afectar la calidad del agua o del efluente, causando reacciones fisiológicas desfavorables en los consumidores. A nivel general se acepta como máximo 500 mg/L de sólidos disueltos totales (Chacón 2019, p. 26).

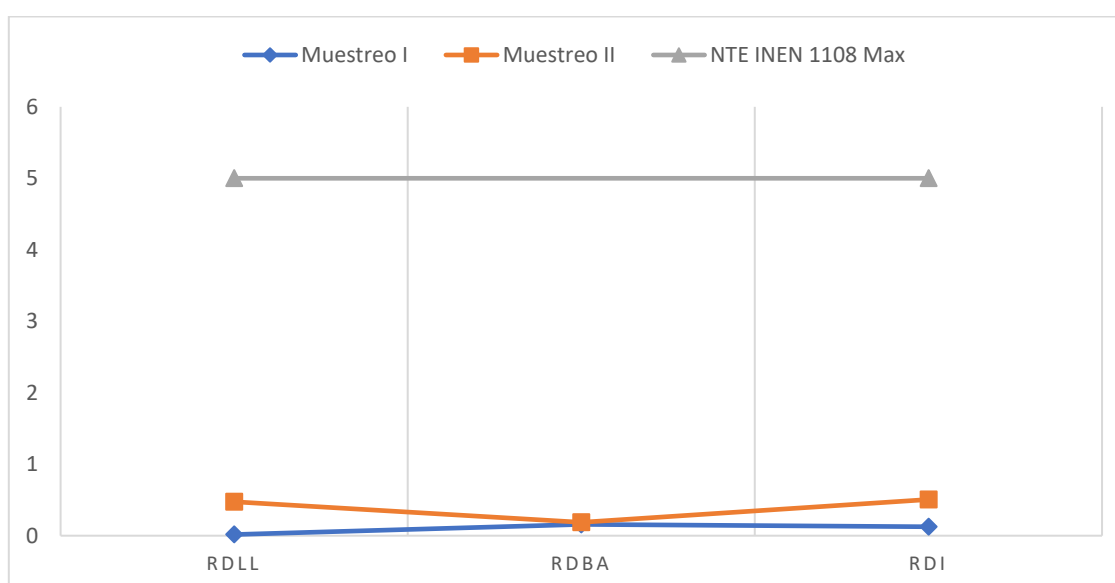
Una investigación realizada en España sobre “Parámetros físico químicos de las aguas del río Vinapolo”, determinó que, las lluvias y el incremento del caudal son factores causan un aumento en la concentración de sólidos totales disueltos por el arrastre de sales y material hacia el agua (Martínez 2018, p. 34).

#### 4.1.2.4. Análisis de turbidez en las muestras de agua

**Tabla 6-4:** Datos estadísticos del parámetro de turbidez del agua

Análisis estadístico			
	Muestreo I	Muestreo II	Muestreo en conjunto
Total de muestras	3,00	3,00	6,00
Valor mínimo	0,02	0,19	0,10
Valor máximo	0,16	0,51	0,33
Sumatoria	0,30	1,17	1,47
Promedio	0,10	0,39	0,24
Varianza	0,01	0,03	0,02
Desviación estándar	0,07	0,18	0,13

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.



**Ilustración 5-4:** Análisis del parámetro turbidez según la NTE INEN 1108

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

Al evaluar la turbidez se obtuvo valores entre 0,016 a 0,95 UNT como se observa en la ilustración 4-5, teniendo el valor más elevado en la red domiciliar La Inmaculada, mientras que, en el agua proveniente de la red domiciliar de Lluishi se obtuvieron valores inferiores, esto puede deberse a la cantidad de materia coloidal y suspendida como arcilla, materia orgánica, materia inorgánica y organismos microscópicos que causan coloración y absorben la luz causando una interferencia negativa (Chacón 2019, p. 20).

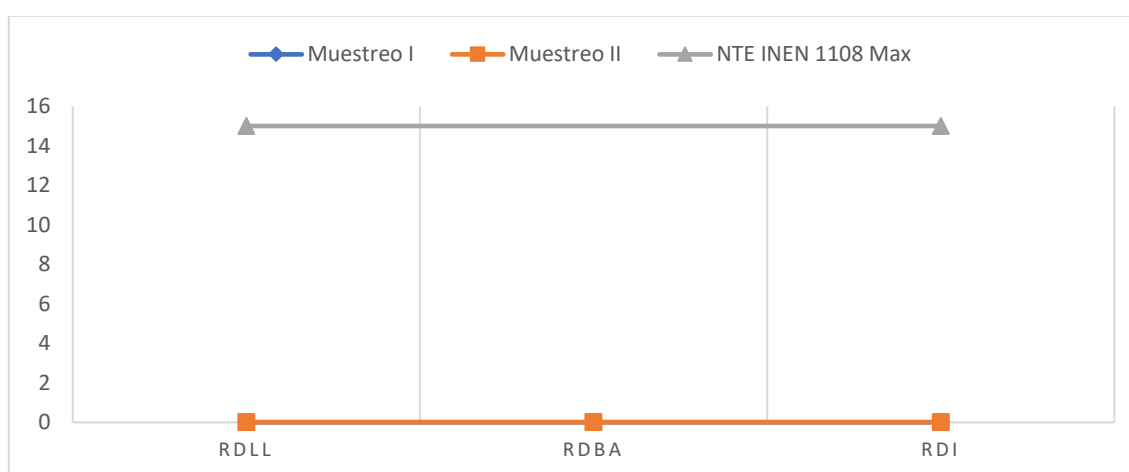
Un estudio similar realizado en Cotopaxi sobre “Análisis físico, químico y microbiológico del sistema de agua de la junta administradora de Yanahurco”, al evaluar la turbidez del agua obtuvo valores de 0,17-1,93 UNT, lo que indicó que se encontraba dentro de los límites permitidos por la NTE INEN 1108, teniendo en cuenta, que cualquier variación en este parámetro puede deberse a la presencia de partículas en suspensión (Ortiz 2015, p. 70).

#### 4.1.2.5. Análisis de color en las muestras de agua

**Tabla 7-4:** Datos estadísticos del parámetro de color en el agua

Análisis estadístico			
	Muestreo I	Muestreo II	Muestreo en conjunto
Total de muestras	3.00	3.00	6.00
Valor mínimo	0.01	0.01	0.01
Valor máximo	0.01	0.01	0.01
Sumatoria	0.03	0.03	0.06
Promedio	0.01	0.01	0.01
Varianza	0.00	0.00	0.00
Desviación estándar	0.00	0.00	0.00

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.



**Ilustración 6-4:** Análisis del parámetro color según la NTE INEN 1108

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

Como se observa en la ilustración 5-5, todas las muestras presentaron un color de 0,1. Pt-Co, siendo un valor muy bajo en comparación a los obtenidos en otros estudios.

Se considera que, la turbidez está relacionada directamente con el color de las muestras de agua, además, en el caso de aguas naturales, según las sustancias en solución, varía la tonalidad desde el amarillo hasta el café claro y se mide en unidades de color aparente (platino-cobalto), pudiendo ir la escala de color desde 1 hasta 500 mg/l de Pt (Deloya 2018, p. 33).

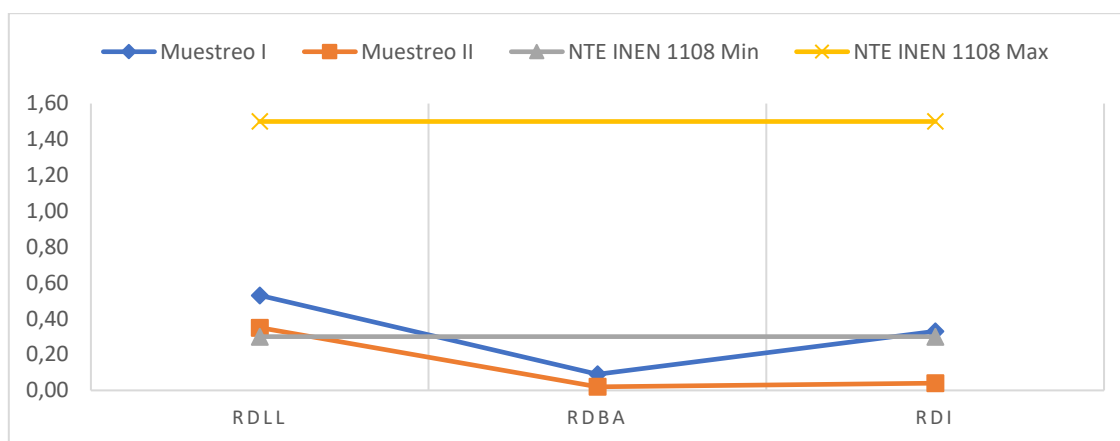
Es importante considerar que, el color varía según la presencia de sustancias en el agua. Un estudio realizado en Cuenca sobre la evaluación de la calidad del agua de los ríos, obtuvo resultados diferentes, ya que se alcanzaron valores de hasta 244 Pt-Co, ligado a valores altos de turbidez. Además, la presencia de diversas sustancias es responsable de la coloración del agua, las cuales incrementan en el período invernal porque la corriente pierde la capacidad de autodepuración (Pauta et al. 2019, p. 81).

#### 4.1.2.6. Análisis de cloro residual en las muestras de agua

**Tabla 8-4:** Datos estadísticos del parámetro de cloro residual del agua

Análisis estadístico			
	Muestreo I	Muestreo II	Muestreo en conjunto
Total de muestras	3.00	3.00	6.00
Valor mínimo	0.09	0.02	0.06
Valor máximo	0.53	0.35	0.44
Sumatoria	0.95	0.41	1.36
Promedio	0.32	0.14	0.23
Varianza	0.05	0.03	0.04
Desviación estándar	0.22	0.19	0.20

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.



**Ilustración 7-4:** Análisis del parámetro cloro residual según la NTE INEN 1108

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

Como se observa en la ilustración 6-5, se obtuvieron valores de cloro residual de 0,02-0,52 mg/L, evidenciando los valores más altos en el de la red domiciliaria de Lluishi y los valores más bajos en la red domiciliaria de Barrios Altos encontrándose por debajo del límite permitido por la NTE INEN 1108.

Es importante destacar que, en el caso de las redes domiciliarias de Barrios Altos y La Inmaculada no se realiza un proceso de cloración de forma periódica, lo que causa una mayor proliferación de los microorganismos en el agua, mientras que, en el caso de la red Lluishi se observó una mayor cantidad de cloro residual porque sí se realiza el proceso de cloración permanentemente, para garantizar la calidad del agua y un bajo porcentaje microbiano.

El agua contiene grandes cantidades de sales que brindan la propiedad de dureza al agua. Se pueden evidenciar dos tipos de dureza, la carbonatada y no carbonatada y dentro de esta última se encuentra el cloro, los nitritos, nitratos y sulfatos (García 2018, p. 3).

El cloro es un producto que destruye los organismos infecciosos en el agua y se consume a medida

que se destruyen los microorganismos; sin embargo, si se añade una gran cantidad de cloro, puede quedar una fracción de esta sustancia en el agua que está destinada a consumo humano (OPS 2019, p. 1).

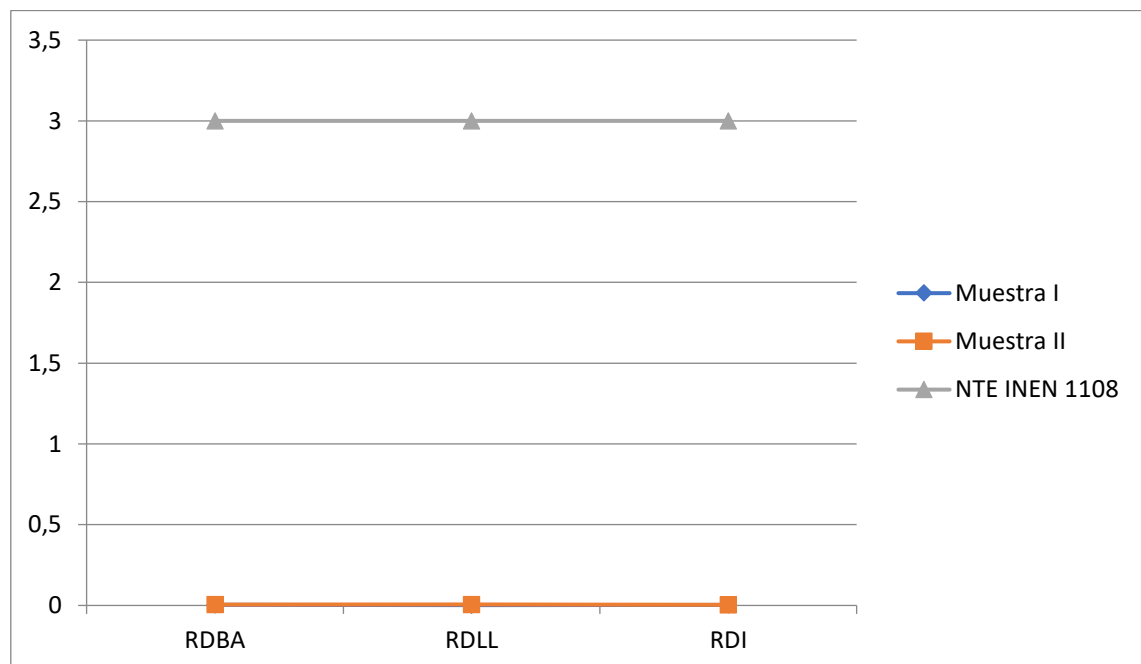
En un estudio realizado en el Cusco, sobre la calidad de fuentes usadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación, al evaluar los parámetros físico-químicos, determinaron una concentración de 0,10-2,4 mg/L de cloro residual, los cuales, se hallan dentro de los límites permitidos por las normativas de calidad del agua para el consumo humano. Esto es importante porque el cloro es el tratamiento usado en las plantas de agua para poder eliminar los microorganismos (OMS 2019, p. 8).

#### 4.1.2.7. Análisis de nitritos en las muestras de agua

**Tabla 9-4:** Datos estadísticos del parámetro de nitritos en agua

Análisis estadístico			
	Muestreo I	Muestreo II	Muestreo en conjunto
Total de muestras	3.000	3.000	6.000
Valor mínimo	0.002	0.004	0.003
Valor máximo	0.004	0.006	0.005
Sumatoria	0.009	0.015	0.024
Promedio	0.003	0.005	0.004
Varianza	0.000	0.000	0.000
Desviación estándar	0.001	0.001	0.001

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.



**Ilustración 8-4:** Análisis del parámetro nitritos según la NTE INEN 1108

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

Como se indica en la tabla 7-5, en el caso de nitritos se obtuvo valores de 0,002-0,006 mg/L, siendo valores bajos respecto al límite permitido en la norma NTE INEN 1108 (3 mg/L).

La presencia de nitritos en el agua es un indicativo de la contaminación con compuestos solubles industriales, ganaderos y agronómicos, por lo que, es raro encontrar estas sustancias en el agua subterránea (Bolaños et al, 2018, p. 17).

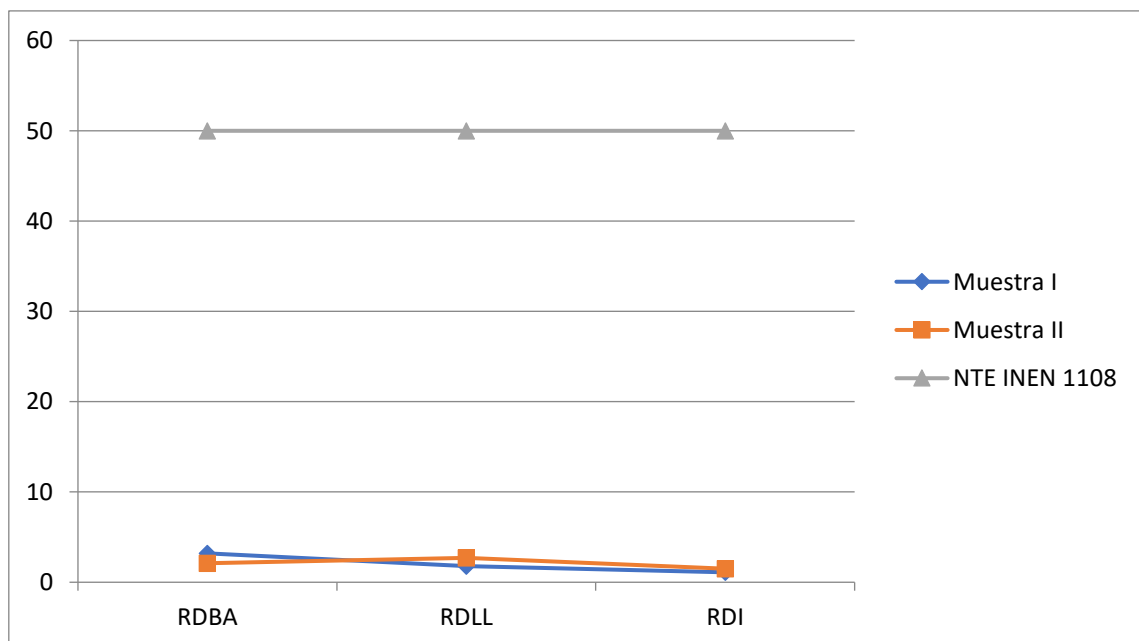
También es importante mencionar que, la presencia de nitritos en agua es indicativo de contaminación fecal reciente, siendo necesario realizar el análisis de este parámetro, ya que valores superiores a 1mg/L, resultaría altamente tóxico para los consumidores, además, no se podrían desarrollar las especies acuáticas y los ecosistemas fluviales (Rodríguez 2018, p. 2).

#### 4.1.2.8. Análisis de nitratos en las muestras de agua

**Tabla 10-4:** Datos estadísticos del parámetro de nitratos en agua

Análisis estadístico			
	Muestreo I	Muestreo II	Muestreo en conjunto
<b>Total de muestras</b>	3.00	3.00	6.00
<b>Valor mínimo</b>	1.10	1.50	1.30
<b>Valor máximo</b>	3.20	2.70	2.95
<b>Sumatoria</b>	6.10	6.30	12.40
<b>Promedio</b>	2.03	2.10	2.07
<b>Varianza</b>	1.14	0.36	0.75
<b>Desviación estándar</b>	1.07	0.60	0.83

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.



**Ilustración 9-4:** Análisis del parámetro nitratos según la NTE INEN 1108

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.



En el caso de los nitratos se observaron valores de 1,1-3,2 mg/L, como se indica en la ilustración 8-5. Los valores bajos de nitratos indican que no existe una alta contaminación con compuestos solubles industriales, agrícolas y ganaderos, ya que resulta extraño encontrar estas sustancias en el agua subterránea (Bolaños et al, 2018, p. 17).

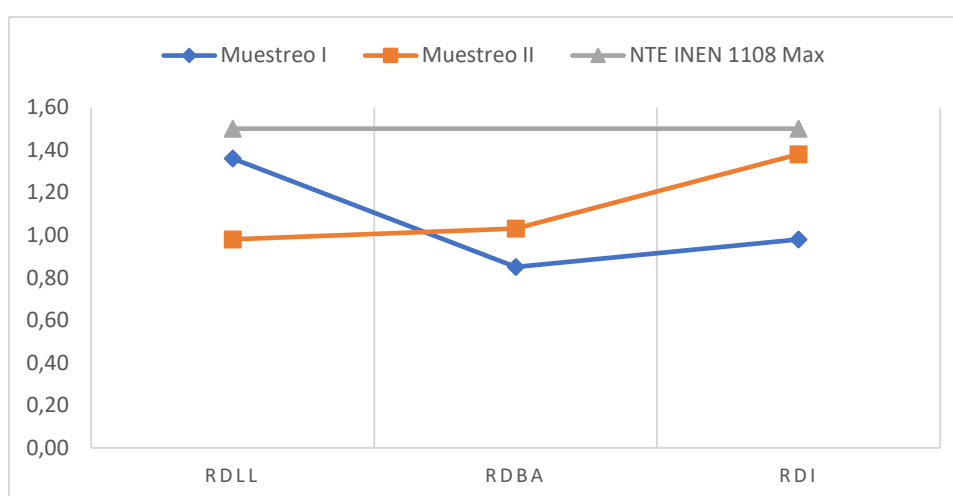
Un estudio realizado en España sobre “Dinámico espacio temporal del contenido de nitrato en las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca del río Oja”, determinó valores de nitratos desde 0,43-51 mg/L, siendo la principal fuente de contaminación, los abonos agrícolas. Además, es importante considerar que, la concentración de nitratos depende de la zona de recolección de la muestra de agua, ya que en el tramo final del río existen problemas de renovación hídrica y por lo tanto mayor acumulación de estas sustancias (Arauzo et al. 2018, p. 760).

#### 4.1.2.9. Análisis de fluoruros en las muestras de agua

**Tabla 11-4:** Datos estadísticos del parámetro fluoruros del agua

Análisis estadístico			
	Muestreo I	Muestreo II	Muestreo en conjunto
<b>Total de muestras</b>	3.00	3.00	6.00
<b>Valor mínimo</b>	0.85	0.98	0.92
<b>Valor máximo</b>	1.36	1.38	1.37
<b>Sumatoria</b>	3.19	3.39	6.58
<b>Promedio</b>	1.06	1.13	1.10
<b>Varianza</b>	0.07	0.05	0.06
<b>Desviación estándar</b>	0.27	0.22	0.24

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.



**Ilustración 10-4:** Análisis del parámetro fluoruros según la NTE INEN 1108

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

Dentro de los contaminantes químicos del agua que son considerados perjudiciales para la salud del consumidor, destacan el flúor, arsénico, cadmio, cianuro y mercurio.

En este estudio se obtuvieron concentraciones de flúor desde 0,85 hasta 1,38 mg/L, como se observa en la ilustración 9-5, lo que indica que sí existen contaminantes en el agua de la red domiciliaria, sin embargo, no superan el límite permitido por la NTE INEN 1108 para este parámetro.

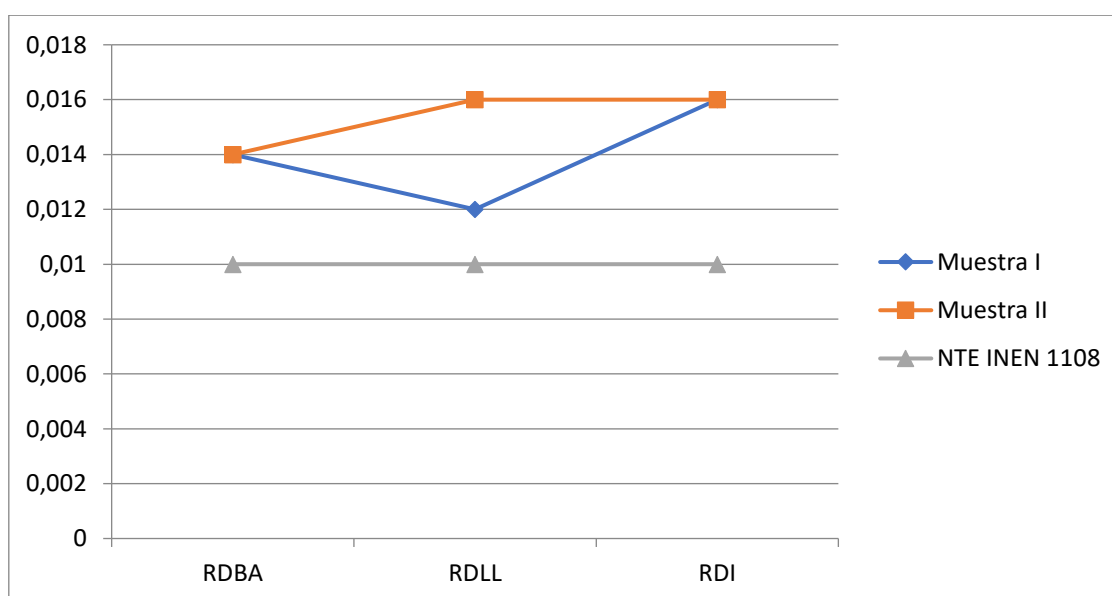
Una investigación realizada en México sobre “Análisis de la concentración de fluoruro en agua potable de la delegación Tláhuac”, al evaluar la concentración de fluoruro obtuvo valores desde 0,44-1,48 mg/L, sin embargo, algunos valores fueron superiores a los permitidos en la normativa mexicana del agua potable NMX-AA-077-SCFI-2001, siendo necesario que las autoridades de salud implementen programas de prevención sobre el consumo de sal fluorada u otros fluoruros, debido a que, el aumento en la ingesta de estas sustancias provoca fluorosis dental en las personas (Galicía et al. 2011, p. 288).

#### 4.1.2.10. Análisis de arsénico en las muestras de agua

**Tabla 12-4:** Datos estadísticos del parámetro de arsénico en el agua

Análisis estadístico			
	Muestreo I	Muestreo II	Muestreo en conjunto
<b>Total de muestras</b>	3.000	3.000	6.000
<b>Valor mínimo</b>	0.012	0.014	0.013
<b>Valor máximo</b>	0.016	0.160	0.088
<b>Sumatoria</b>	0.042	0.190	0.232
<b>Promedio</b>	0.014	0.063	0.039
<b>Varianza</b>	0.000	0.007	0.004
<b>Desviación estándar</b>	0.002	0.084	0.043

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.



**Ilustración 11-4:** Análisis del parámetro arsénico según la NTE INEN 1108

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

Al evaluar la concentración de arsénico en el agua, se obtuvieron valores desde 0,012-0,016 mg/L, lo que indica que existe una gran cantidad de contaminantes en el agua subterránea, como se observa en la tabla 10-4.

Además, al realizar la comparación de los niveles de arsénico con la norma NTE INEN 1108 (ilustración 10-5), se determinó que, varias muestras superan el límite permitido, siendo un riesgo para la salud de los consumidores.

El arsénico es conocido como un elemento altamente tóxico y carcinógeno para el ser humano, que causa problemas de salud ya sea al estar en concentraciones altas o al exponerse a la ingesta de agua contaminada con bajas concentraciones de arsénico por largos períodos de tiempo. Además, se considera que la mayor parte de acuíferos y aguas subterráneas tienen alto contenido de estos elementos debido a procesos geoquímicos naturales, por lo que, el arsénico en las aguas superficiales y subterráneas, constituyen una gran amenaza para la salud de los consumidores (Alarcón et al. 2018, p. 11).

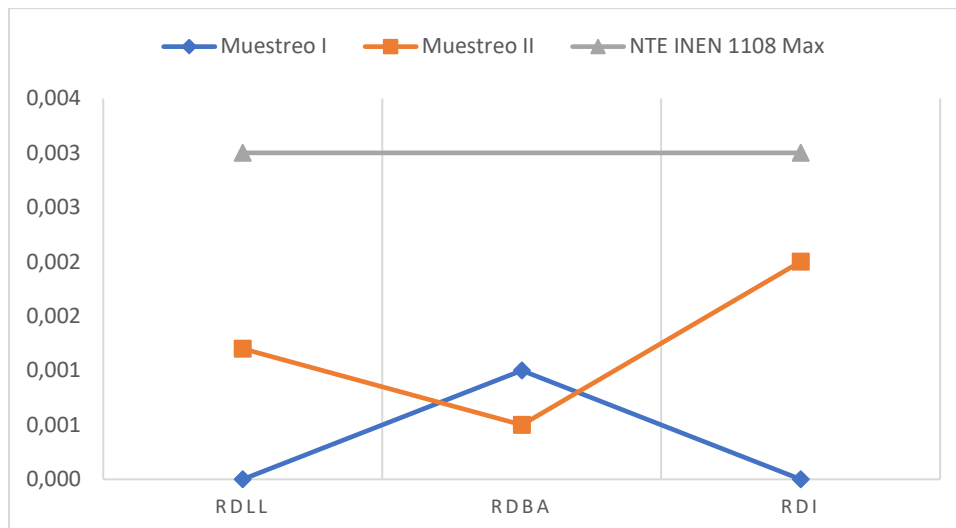
Un estudio realizado en Costa Rica sobre “Determinación de arsénico en agua potable del cantón de Grecia”, al evaluar las muestras de agua observó valores de arsénico de 0,55-2,20 mcg/L, que son valores aceptables dentro de la normativa. Además, se conoce que la presencia de arsénico a nivel de las aguas superficiales y subterráneas en América Latina está asociado al volcanismo de la Cordillera de Los Andes, que proviene de la disolución de diversos minerales, la desintegración de rocas y la erosión del suelo (Bolaños 2018, p. 9).

#### 4.1.2.11. *Análisis de cadmio en las muestras de agua*

**Tabla 13-4:** Datos estadísticos del parámetro de cadmio en el agua

<b>Análisis estadístico</b>			
	<b>Muestreo I</b>	<b>Muestreo II</b>	<b>Muestreo en conjunto</b>
<b>Total de muestras</b>	3.000	3.000	6.000
<b>Valor mínimo</b>	0.000	0.001	0.000
<b>Valor máximo</b>	0.001	0.002	0.002
<b>Sumatoria</b>	0.001	0.004	0.005
<b>Promedio</b>	0.000	0.001	0.001
<b>Varianza</b>	0.000	0.000	0.000
<b>Desviación estándar</b>	0.001	0.001	0.001

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.



**Ilustración 12-4:** Análisis del parámetro cadmio según la NTE INEN 1108  
**Realizado por:** Pilco, Mariela, 2023.

Como se observa en la tabla 11-5, al evaluar el cadmio se obtuvieron concentraciones de cadmio 0,001-0,002 mg/L. Además, al realizar la comparación con los valores permitidos para cadmio en la norma NTE INEN 1108, se determinó que, todas las muestras presentaron valores aceptables, ya que no sobrepasaron 0,003 mg/L.

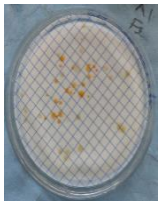
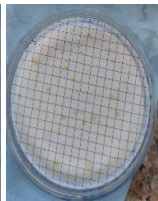
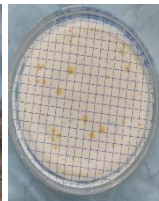
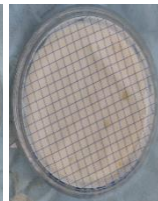
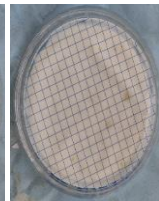


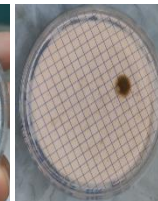


Es importante destacar, que el cadmio es un metal tóxico que se libera al medio ambiente por fuentes naturales (actividad volcánica, transporte de partículas, incendios forestales) y por fuentes antrópicas (minería, fundición de metales, uso de fertilizantes) y que al encontrarse en cantidad elevadas, puede causar la reducción de la población animal y vegetal que se desarrolla en el agua y además, si es consumida por la población puede causar problemas al pulmón, riñón, etc., (Mero et al. 2019, p. 624).

Un estudio realizado en Guayaquil sobre “Concentración de cadmio en agua, sedimentos y *Eichhornia crassipes* en el río Guayas y sus efluentes”, determinó valores bajos de cadmio (<0,0028 mg/L), siendo resultados similares a los obtenidos en este estudio. Además, a pesar de haber detectado niveles bajos de este elemento, se observó que, ciertos organismos acumulaban cadmio en sus tejidos con el paso del tiempo, por lo que se recomienda realizar monitoreos anuales sobre la concentración de metales en las aguas superficiales y subterráneas (Mero et al. 2019, p. 637).

## 4.2. Análisis microbiológico del agua

Se realizó el análisis microbiológico de las muestras de agua, evaluando bacterias, protozoos y parásitos como se indica a continuación en la tabla 14-4:

**Tabla 14-4:** Análisis microbiológico del primer muestreo de agua



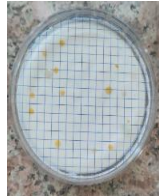






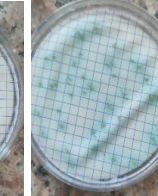
Código	Coliformes totales		Coliformes fecales		<i>Escherichia coli</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>	<i>Giardia lamblia</i>	Observaciones
G1	Presencia	59/100ml	Presencia	17/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
G2	Presencia	46/100ml	Presencia	1/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	<i>Áscaris lumbricoides</i>
G3	Presencia	83/100ml	Presencia	6/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
VV	Presencia	13/100ml	Presencia	1/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
TDBA	Presencia	70/100ml	Presencia	5/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
TDLI	Ausencia	0/100ml	Ausencia	0/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
TDI	Ausencia	0/100ml	Ausencia	0/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
RDBA	Presencia	81/100ml	Presencia	3/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Hongo
RDLI	Ausencia	0/100ml	Ausencia	0/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	
G1.	G2.	G3.	VV.	TDBA.	TDLL.	TDI.	RDBA.	RDLI.	RDI.
									

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

**Tabla 15-4:** Análisis microbiológico del segundo muestreo de agua

Código	Coliformes totales		Coliformes fecales		<i>Escherichia coli</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>	<i>Giardia lamblia</i>
	Presencia	CFU/100ml	Presencia	CFU/100ml				
<b>G1</b>	Presencia	214/100ml	Presencia	48/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>G2</b>	Presencia	114/100ml	Presencia	14/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>G3</b>	Presencia	15/100ml	Presencia	1/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>VV</b>	Presencia	98/100ml	Presencia	1/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>TDBA</b>	Presencia	10/100ml	Presencia	1/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>TDLI</b>	Ausencia	0/100ml	Ausencia	0/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>TDI</b>	Presencia	5/100ml	Presencia	5/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>RDBA</b>	Presencia	3/100ml	Presencia	43/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>RDLI</b>	Ausencia	0/100ml	Ausencia	0/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<b>RDI</b>	Presencia	6/100ml	Presencia	58/100ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

G1.	G2.	G3.	VV.	TDBA.	TDLL.	TDI.	RDLL.	RDBA.	RDI.
									

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

En las muestras de agua procedente de vertientes, tanques y redes domiciliarias de parroquias urbanas del cantón Guano reportadas en las tablas 12-4 y tabla 13-4, se observó ausencia de bacterias como *Escherichia coli*, no se detectaron protozoos como *Cryptosporidium parvum* ni parásitos como *Entamoeba histolytica* y *Giardia lamblia*.

Sin embargo, en el primer muestreo del agua, se observaron Coliformes totales en el 100% del agua de vertientes (alcanzando hasta 83 UFC/100 ml), 33% en el agua de los tanques (70 UFC/100 ml) y en un 33% del agua de redes domiciliarias (con hasta 81 UFC/100 ml). En el caso de Coliformes fecales, hubo presencia en el agua de las vertientes con hasta 48 UFC/100 ml, no se observó esta bacteria en los tanques de agua y hubo presencia sólo en la red de Barrios Altos (3 UFC/100ml).

En el segundo muestreo se observaron Coliformes totales y Coliformes fecales en el 100% de las muestras de agua de vertientes, 67% en el agua de los tanques y en un 67% del agua de redes domiciliarias. Los Coliformes totales son bacterias indicadoras de contaminación a nivel del agua y los alimentos, generalmente, se encuentran con más frecuencia en el medio ambiente, pero pueden estar en el suelo o superficies de agua dulce, por lo que, estas bacterias no son necesariamente de origen intestinal. Sin embargo, es fundamental realizar el análisis e identificación de coliformes para garantizar la aplicación de un sistema de vigilancia, donde se minimicen los perjuicios que pueden provocar los agentes patógenos en la salud de los consumidores (Fernández 2019, p. 73).

Los Coliformes fecales también son indicadores de contaminación y están presentes en heces tanto de seres humanos como de animales de sangre caliente, por lo que ha sido considerado como un buen indicador de calidad del agua a nivel de ríos, lagos y mares. Además, se caracteriza por presentar resistencia a los factores externos o del medioambientales, teniendo un mayor tiempo de supervivencia, por lo tanto, son indicadores de contaminación fecal reciente, mientras que, los *Streptococcus faecales* indican que la contaminación fecal del agua fue antigua. (Ávila et al. 2019, p. 93).

También se pudo observar la presencia de un nemátodo (*Ascaris lumbricoides*) en una muestra de vertiente de agua y hongos en la muestra de agua de una red domiciliaria, lo que es un indicativo de contaminación y a la vez se evidencia la necesidad de un tratamiento de agua, para garantizar la seguridad e inocuidad del agua destinada al consumo humano, para evitar el surgimiento de enfermedades o alteraciones en los seres humanos.

### 4.3. Evaluación de la calidad del agua de consumo humano con base en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2020

Una vez analizados los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las muestras de agua provenientes de las redes domiciliarias, se contrastaron los resultados obtenidos con los lineamientos de la normativa de requisitos del agua para consumo humano NTE INEN 1108, como se indica a continuación:

#### 4.3.1. Evaluación de la calidad del agua de consumo humano de red domiciliaria Lluishi perteneciente a la parroquia El Rosario

**Tabla 16-4:** Evaluación 1 de calidad del agua RDLL según INEN 1108

Parámetros	Resultados	Valor de referencia (Límite máximo)	Cumple/no cumple
<b>Parámetros físicos químicos</b>			
Color	0,01	15 Pt-Co	Cumple
Turbidez	0,016	5 NTP	Cumple
Cloro residual	0,52	0,3-1,5 mg/L	Cumple
Nitritos	0,002	3 mg/L	Cumple
Nitratos	1,8	50 mg/L	Cumple
Fluoruros	1,36	1,5 mg/L	Cumple
Cadmio	0,000	0,003 mg/L	Cumple
Arsénico	0,012	0,01 mg/L	No cumple
<b>Parámetros microbiológicos</b>			
Coliformes fecales	Ausencia	Ausencia	Cumple
<i>Cryptosporidium</i>	Ausencia	Ausencia	Cumple
<i>Giardia lamblia</i>	Ausencia	Ausencia	Cumple

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

**Tabla 17-4:** Evaluación 2 de calidad del agua RDLL según INEN 1108

Parámetros	Resultados	Valor de referencia (Límite máximo)	Cumple/no cumple
<b>Parámetros físicos químicos</b>			
Color	0,01	15 Pt-Co	Cumple
Turbidez	0,474	5 NTP	Cumple
Cloro residual	0,35	0,3-1,5 mg/L	Cumple
Nitritos	0,005	3 mg/L	Cumple
Nitratos	2,1	50 mg/L	Cumple
Fluoruros	0,98	1,5 mg/L	Cumple
Cadmio	0,001	0,003 mg/L	Cumple
Arsénico	0,016	0,01 mg/L	No cumple



<b>Parámetros microbiológicos</b>			
<b>Coliformes fecales</b>	Ausencia	Ausencia	Cumple
<i>Cryptosporidium</i>	Ausencia	Ausencia	Cumple
<i>Giardia lamblia</i>	Ausencia	Ausencia	Cumple

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

Al evaluar el cumplimiento de la norma de agua para consumo humano NTE INEN 1108:2020, se determinó que en los dos muestreos realizados en la red domiciliaria de Lluishi perteneciente a la parroquia El Rosario de Guano, no cumple con un requisito físico debido a que concentración de arsénico supera el límite permitido por la norma (0,01 mg/L).

Según un estudio realizado en Colombia sobre “Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción”, se considera que, en la actualidad uno de los mayores problemas ambientales es la contaminación de las fuentes hídricas con metales pesados, los mismos que poseen una alta toxicidad y representan un riesgo para la salud de los habitantes que se abastecen de dichos ríos, tanto para consumo humano como para el desarrollo de actividades agronómicas, ganaderas e industriales. Si el agua se contamina, también tiene un efecto económico tanto a nivel local como nacional, por el aumento de los costos de la atención sanitaria de los pacientes que sufran algún tipo de intoxicación, ocasionando a la vez una reducción en la productividad de la población de esas zonas (Pabón et al. 2020, p. 9).

#### 4.3.2. Evaluación de la calidad del agua de consumo humano de red domiciliaria Barrios Altos perteneciente a la parroquia La Matriz

**Tabla 18-4:** Evaluación 1 de calidad del agua RDBA según INEN 1108

<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>	<b>Valor de referencia (Límite máximo)</b>	<b>Cumple/no cumple</b>
<b>Parámetros físicos químicos</b>			
<b>Color</b>	0,01	15 Pt-Co	Cumple
<b>Turbidez</b>	0,158	5 NTP	Cumple
<b>Cloro residual</b>	0,09	0,3-1,5 mg/L	No cumple
<b>Nitritos</b>	0,005	3 mg/L	Cumple
<b>Nitratos</b>	3,2	50 mg/L	Cumple
<b>Fluoruros</b>	0,85	1,5 mg/L	Cumple
<b>Cadmio</b>	0,001	0,003 mg/L	Cumple
<b>Arsénico</b>	0,014	0,01 mg/L	No cumple
<b>Parámetros microbiológicos</b>			
<b>Coliformes fecales</b>	<b>Presencia</b> 3/100mL	<b>Ausencia</b>	No cumple

<i>Cryptosporidium</i>	Ausencia	Ausencia	Cumple
<i>Giardia lamblia</i>	Ausencia	Ausencia	Cumple

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

**Tabla 19-4:** Evaluación 2 de calidad del agua RDBA según INEN 1108

Parámetros	Resultados	Valor de referencia (Límite máximo)	Cumple/no cumple
<b>Parámetros físicos químicos</b>			
Color	0,01	15 Pt-Co	Cumple
Turbidez	0.187	5 NTP	Cumple
Cloro residual	0,02	0,3-1,5 mg/L	No cumple
Nitritos	0,006	3 mg/L	Cumple
Nitratos	2,7	50 mg/L	Cumple
Fluoruros	1,03	1,5 mg/L	Cumple
Cadmio	0,0015	0,003 mg/L	Cumple
Arsénico	0,014	0,01 mg/L	No cumple
<b>Parámetros microbiológicos</b>			
Coliformes fecales	Presencia 43/100mL	Ausencia	No cumple
<i>Cryptosporidium</i>	Ausencia	Ausencia	Cumple
<i>Giardia lamblia</i>	Ausencia	Ausencia	Cumple

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

En las dos valoraciones de las muestras de la red domiciliaria de Barrios Altos se puede observar que no cumple con dos de los parámetros fisicoquímicos de la norma de agua de consumo humano NTE INEN 1108:2020, como el cloro residual y el índice de arsénico.

Se evidenció que, el cloro residual estuvo por debajo del límite establecido (0,3-1,5 mg/L), lo que fue un indicativo de la falta de la falta de cloración del agua, que es un método de desinfección del agua, que permite eliminar los microorganismos nocivos para la salud de los consumidores.

Respecto al arsénico se evidenció que presentaba una concentración mayor a la establecida en la normativa. Este elemento se encuentra naturalmente en el agua, sin embargo, cuando sobre pasa el límite permitido, representa un riesgo para la salud de la población que la consume o utiliza, por lo cual, es indispensable realiza un análisis de los parámetros físico químico del agua, para detectar la presencia de estos contaminantes. En el caso de detectar altas concentraciones de arsénico, se recomienda instalar un sistema completo de filtración del agua, que permita reducir este compuesto químico que es altamente tóxico (Litter 2018, p. 7).

En cuanto a los parámetros microbiológicos no cumplen con la normativa debido a la presencia de Coliformes totales. Una investigación realizada en Perú sobre “Patógenos e indicadores

microbiológicos de calidad de agua para consumo humano”, menciona que, la presencia de bacterias, virus, parásitos y hongos en el agua, surgen a causa de cambios en el medio ambiente, la pobreza, un alto crecimiento industrial y la incorrecta disposición de excrementos humanos y animales.

Se considera que, las principales actividades que favorecen la contaminación de este recurso son las agropecuarias, además no existe una garantía de la potabilización del agua, no hay una adecuada intervención de los sistemas de salud pública, lo que causa la propagación, morbilidad y mortalidad por patologías relacionadas con el agua de consumo, principalmente en aquellos países en vía de desarrollo (Ríos et al. 2019, p. 237).

#### 4.3.3. *Evaluación de la calidad del agua de consumo humano de red domiciliar La Inmaculada perteneciente a la parroquia La Matriz*

**Tabla 20-4:** Evaluación 1 de calidad del agua RDI según INEN 1108

Parámetros	Resultados	Valor de referencia (Límite máximo)	Cumple/no cumple
<b>Parámetros físicos químicos</b>			
Color	0,01	15 Pt-Co	Cumple
Turbidez	0,126	5 NTP	Cumple
Cloro residual	0,33	0,3-1,5 mg/L	Cumple
Nitritos	0,003	3 mg/L	Cumple
Nitratos	1,1	50 mg/L	Cumple
Fluoruros	0,98	1,5 mg/L	Cumple
Cadmio	0,000	0,003 mg/L	Cumple
Arsénico	0,016	0,01 mg/L	No cumple
<b>Parámetros microbiológicos</b>			
Coliformes totales	Ausencia	Ausencia	Cumple
<i>Cryptosporidium</i>	Ausencia	Ausencia	Cumple
<i>Giardia lamblia</i>	Ausencia	Ausencia	Cumple

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

**Tabla 21-4:** Evaluación 2 de calidad del agua RDI según la INEN 1108

Parámetros	Resultados	Valor de referencia (Límite máximo)	Cumple/no cumple
<b>Parámetros físicos químicos</b>			
<b>Color</b>	0,01	15 Pt-Co	Cumple
<b>Turbidez</b>	0.506	5 NTP	Cumple
<b>Cloro residual</b>	0,04	0,3-1,5 mg/L	No cumple
<b>Nitritos</b>	0,004	3 mg/L	Cumple
<b>Nitratos</b>	1,5	50 mg/L	Cumple
<b>Fluoruros</b>	1,38	1,5 mg/L	Cumple
<b>Cadmio</b>	0,002	0,003 mg/L	Cumple
<b>Arsénico</b>	0,016	0,01 mg/L	No cumple
<b>Parámetros microbiológicos</b>			
<b>Coliformes totales</b>	<b>Presencia 58/100ml</b>	<b>Ausencia</b>	<b>No cumple</b>
<i>Cryptosporidium</i>	Ausencia	Ausencia	Cumple
<i>Giardia lamblia</i>	Ausencia	Ausencia	Cumple

Realizado por: Pilco, Mariela, 2023.

Al analizar los parámetros de calidad de la red domiciliar La Inmaculada según la NTE INEN 1108-2020, se determinó una baja concentración de cloro residual en el segundo muestreo, una alta concentración de arsénico y se observó la presencia de coliformes totales.

Respecto a la baja concentración de cloro residual, es importante, que para el tratamiento del agua se determine la cantidad adecuada de cloro, ya que el objetivo principal de la cloración es adicional este elemento en una concentración óptima, de modo que, se garantice la eliminación de los microorganismos nocivos para la población (ITC 2018, p. 9).

En el caso del arsénico una concentración elevada de este elemento puede deberse a que la contaminación inicia por procesos naturales como la desintegración de rocas y fenómenos volcánicos, además, las actividades industriales, la minería, la fundición de metales, preservantes de manera y la producción de pesticidas aportan una contaminación adicional de arsénico a nivel del suelos y acuíferos, comprometiendo de este modo, la calidad del recurso hídrico. Por esto, es importante diferenciar entre agua potable y agua segura, la primera se basa en el cumplimiento de normas de calidad de cada país, mientras que, el agua segura implica tanto la calidad del agua y la concientización por parte de la población (Litter 2018, p. 15).

En cuanto a la calidad microbiológica del agua, es importante considerar que, las actividades industriales, domésticas, agrícolas, ganaderas, etc., contribuyen a un aumento de la contaminación

del agua, por el vertido de desechos, lo que causa un aumento de contaminantes como por ejemplo las bacterias. Dentro del grupo de agentes bacterianos que afectan la calidad del agua, se encuentran las coliformes totales que son un indicio de contaminación con desechos en descomposición o aguas negras, lo que supone un riesgo para los consumidores ya que provoca enfermedades en la salud de los consumidores (Ramos et al. 2018, p. 2).

## CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de agua procedente de vertientes subterráneas destinada para consumo humano en las parroquias urbanas del cantón Guano, determinando que no se ajustan en su totalidad a los parámetros de calidad establecidos en la NTE INEN 1 108:2020: Requisitos del agua para consumo humano.
- Al realizar en análisis de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua de consumo humano proveniente de las redes domiciliarias del cantón Guano, se determinó que, los parámetros evaluados de pH (7,41), color (0,1Pt-Co), turbidez (0,24 NTU), conductividad (562,6 mS/cm), sólidos disueltos (340,25 mg/L), nitritos (0,004 mg/L), nitratos (2,07 mg/L), flúor (1,10 mg/L) y cadmio (0 mg/L), se encontraron dentro del límite aceptable, mientras que, el arsénico presentó valores de 0,039 mg/L, superando la concentración permitida.
- En cuanto a la evaluación microbiológica de las muestras, se determinó la presencia de Coliformes totales (muestreo I: 33% y muestreo II: 67%), Coliformes fecales (muestreo I: 3 UFC/100 ml en la red de Barrios Altos y muestreo II: en el 67%), por lo cual, la presencia de estas bacterias fue el indicativo de la contaminación a nivel del agua, evidenciando que, no es apta para el consumo de la población de las parroquias urbanas de Guano.
- Se evaluó la calidad del agua de consumo humano en base en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1 108:2020 y se determinó que, el agua de las redes domiciliarias de Lluishi, Barrios Altos y La Inmaculada presentaron valores altos de arsénico ( $>0,01$  mg/L) y una baja concentración de cloro residual ( $<0,3$  mg/L), lo que provocó causó un incremento del crecimiento microbiano, verificando que el agua de las tres redes domiciliarias no es apta para su consumo.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un mayor control del proceso de cloración realizado en los tanques de distribución y el agua de las redes domiciliarias, debido a que, una baja cantidad de cloro residual puede causar la proliferación de microorganismos que afectan la calidad del agua.
- Es fundamental realizar acciones de mejora para controlar la cantidad de arsénico en el agua destinada para consumo humano, debido a que, con el paso del tiempo puede causar graves problemas para la salud de la población al ser altamente tóxico.
- Es importante evaluar el agua destinada para consumo humano en otros cantones de la ciudad de Riobamba, para determinar si cumplen con las especificaciones de calidad de la NTE INEN 1108:2020.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALARCÓN, M. et al.** *Arsénico en Agua: presencia, cuantificación analítica y mitigación* [en línea]. 2018. Disponible en: [https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro\\_2013-Arsenico\\_en\\_el\\_Agua\\_con\\_ISBN.pdf](https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro_2013-Arsenico_en_el_Agua_con_ISBN.pdf).

**ARAUZO, M. et al.** *Dinámica espacio-temporal del contenido en nitrato de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca del río Oja (La Rioja, España): Vulnerabilidad del acuífero aluvial*. *Limnetica*, vol. 25, no. 3, 2018, pp. 753-762.

**ÁVILA, S et al.** *Diagnostico de la calidad bacterologica del agua del Humedal Córdoba, Bogotá. Nova* [en línea], vol. 17, no. 31, 2019, pp. 87-95. Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1794/1/espíritu\\_lc.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1794/1/espíritu_lc.pdf).

**BECKER, F. et al.** *Contaminación de aguas subterráneas. Syria Studies* [en línea], vol. 7, no. 1, 2017, pp. 37-72. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/269107473\\_What\\_is\\_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0A](https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0A)

**BOLAÑOS, J.** *Determinación de arsénico en agua potable del cantón de Grecia. InterSedes*, vol. 93, 2018, pp. 101-106.

**BOLAÑOS, J. et al.** *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)*. *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 30, no. 4, 2018, pp. 15.

**BOSCH, J.** *La calidad de las aguas. Revista de Obras Publicas*, vol. 146, no. 3388, 2018, pp. 103-104.

**CASTRO, A. y PULECIO, G.** *Análisis documental de las aguas subterráneas y su caracterización in situ, en el municipio girardot*. 2019.

**CBD.** *Agua potable, diversidad biológica y desarrollo* [en línea]. 2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/18771>.

**CHACÓN, M.** *Análisis físico y químico de la calidad del agua*. 2019.



**CHULLUNCUY, N.** *Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería industrial*, vol. 29, 2021, pp. 153-224.

**DELOYA, A.** *Métodos de análisis físicos y espectrofométricos para el análisis de aguas residuales. Tecnología en Marcha* [en línea], vol. 19, no. 2, 2018, pp. 31-40. Disponible en: [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/30](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/30).

**FERNÁNDEZ, A.** *El agua: un recurso esencial. TRAVESSIA - revista do migrante*, 2017.

**FERNÁNDEZ, M.** *Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrifugas. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal* [en línea], vol. XXXIX, no. 1, 2018, pp. 52-56. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251011>.

**GALICIA, L. et al.** *Análisis de la concentración de fluoruro en agua potable de la delegación Tláhuac, Ciudad de México. Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, vol. 27, no. 4, 2011, pp. 283-289.

**GARCÍA, C.** *Parámetros fisicoquímicos del agua. Pv Albeitar* [en línea], vol. 1, 2018, pp. 1-4. Disponible en: <http://albeitar.portalveterinaria.com/imprimir-noticia.asp?noti=12664>.

**INEN INEN.** *NTE INEN 2266 :2013 Primera revisión: AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO.* [en línea], vol. Primera Ed, 2013, pp. 1-20. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2226-1.pdf>.

**ITC.** *Cloración de agua potable, bombas dosificadoras. Innovación tecnológica catalana*, 2018, pp. 1-28.

**JAYA, F.** *Estudio De Los Sólidos Suspendidos En El Agua Del Rio Tabacay Y Su Vinculación Con La Cobertura Vegetal Y Usos Del Suelo En La Microcuenca. Universidad de Cuenca* [en línea], 2018, pp. 103. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28542/1/Trabajo de titulacio n.pdf>.

**LARA, Y.** *Estudio de la calidad del agua de la acequia Balectus y de la vertiente Calispogyo que permita plantear una propuesta para optimizar su uso y aprovechamiento en el sector de San Gerardo Guano provincia de Chimborazo. Facultad de Ciencias* [en línea] 2018, pp. 101. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6277/1/236T0246.pdf>.

**LITTER, M.** *Arsénico en agua. Red de Seguridad Alimentaria (RSA-CONICET). “Informe final”, Argentina. Rsa-Conicet [en línea] 2018, pp. 1-175. Disponible en: <https://rsa.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2018/08/Informe-Arsenico-en-agua-RSA.pdf>.*

**MARTÍNEZ, E.** *Parámetros físico-químicos de las aguas del río Vinalopó afectadas por el tránsito en lecho natural o artificial.* 2018.

**MELGAREJO, J.** *Congreso Nacional del Agua Orihuela. Congreso Nacional del Agua Orihuela. Innovación y Sostenibilidad.* 2019.

**MERO, M et al.** *Concentration of cadmium in water, sediments, eichhornia crassipes and pomacea canaliculata in the Guayas (Ecuador) river and tributaries. Revista Internacional de Contaminacion Ambiental, vol. 35, no. 3, 2019, pp. 623-640.*

**OMS.** *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda. Organización Mundial de la Salud [en línea], vol. 4, 2017, pp. 608. Disponible en: <https://bitly.co/7FYT>.*

**OMS.** *Estudio De La Calidad De Fuentes Utilizadas Para Consumo Humano Y Plan De Mitigación Por Contaminación Por Uso Doméstico Y Agroquímicos En Apurimac Y Cusco. Ecofluidos Ingenieros S.a. [en línea] 2019, pp. 105. Disponible en: <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>.*

**OPS.** *Medición del cloro residual en el agua. Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud [en línea] 2019, pp. 4. Disponible en: <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf>.*

**ORDOÑEZ, J.** *Cartilla Técnica: Aguas Subterráneas - Acuíferos. Sociedad Geográfica de Lima [en línea] 2018, pp. 2-44. Disponible en: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/aguas\\_subterranas.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterranas.pdf).*

**ORTÍZ, L.** *Análisis físico, químico y microbiológico del sistema de agua de la junta administradora de agua potable y alcantarillado regional yanahurco antes y después del tratamiento convencional, 2015.*

**PABÓN, S. et al.** *Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Entre Ciencia e Ingeniería [en línea], vol. 14, no. 27, pp. 9-18.*

Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-83672020000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672020000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es).

**PAUTA, G et al.** *Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Maskana* [en línea], vol. 10, no. 2, 2019, pp. 76-88.

**RAMOS, L et al.** *Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. Acta Biologica Colombiana*, vol. 13, no. 3, 2018, pp. 87-98.

**RÍOS, S et al.** *Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, vol. 35, no. 2, 2019, pp. 236-247.

**RODRIGUEZ, C et al.** *Causas de las variaciones de la conductividad eléctrica del agua subterránea en el acuífero Motril-Salobreña, España Causes of groundwater electrical conductivity variations in Motril-Salobreña aquifer, Spain. Geogaceta* [en línea], vol. 49, 2018, pp. 107-110. Disponible en: [www.geogaceta.com](http://www.geogaceta.com).

**RODRIGUEZ, R.** *Nitritos*. , 2018.

**SAHUQUILLO, A.** *La gestión de las aguas subterráneas. Tecnología del Agua*, vol. 29, no. 2017, pp. 54-67.

**SILVA, J et al.** *Calidad química del agua subterránea y superficial en la cuenca del Río Duero, Michoacán. Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 4, no. 5, 2018, pp. 127-146.

**TIBANQUIZA, S.** *Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo humano de la junta administradora de agua potable san jose de puñachizag, cantón quero, provincia tungurahua*. 2018.

**TORRES, F.** *Agua. N Engl J Med* [en línea], vol. 14372, 2019, pp. 1349-58. Disponible en: [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap6\\_agua.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap6_agua.pdf).

**VALDIVIEZO, P.** *Diseño de un sistema de tratamiento para la potabilización del agua en la parroquia san andrés del cantón guano, provincia de chimborazo. Occupational Medicine*, vol. 53, no. 4, 2018, pp. 130.

**VITERI, D.** *Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano de la junta de agua potable de la parroquia bolívar, cantón pelileo, provincia de tungurahua.* 2017.

**YUBAILLE, D.** *Evaluación de la calidad física, química, microbiológica y resistencia bacteriana del agua de consumo humano de la parroquia Punín, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Facultad de Ciencias [en línea], vol. Bachelor, 2018, pp. 115.* Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/6354/1/56T00684.PDF>.



## ANEXOS

### ANEXO A: TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN TANQUES Y DE RED DOMICILIARIA





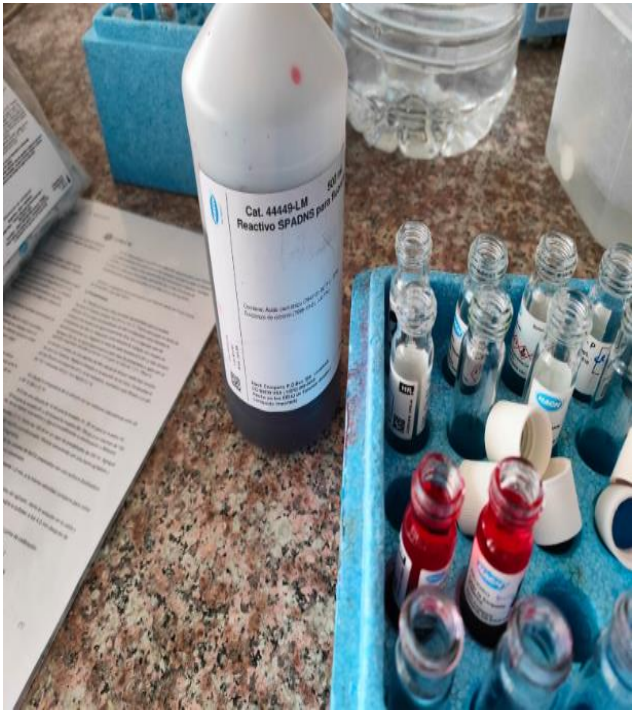
## ANEXO B: ETIQUETADO DE MUESTRAS DE AGUA



## ANEXO C: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE MUESTRAS

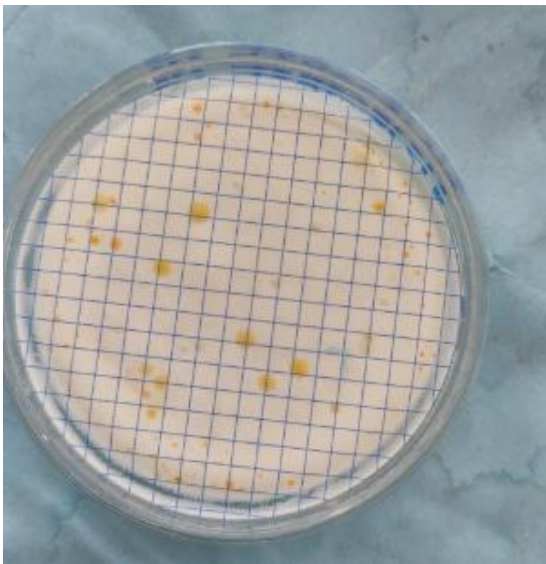
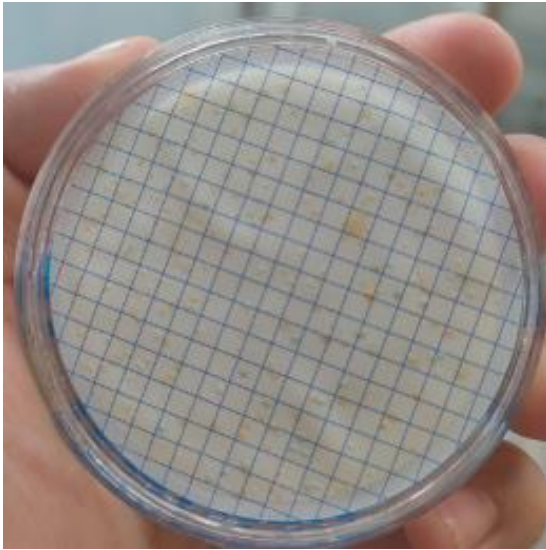


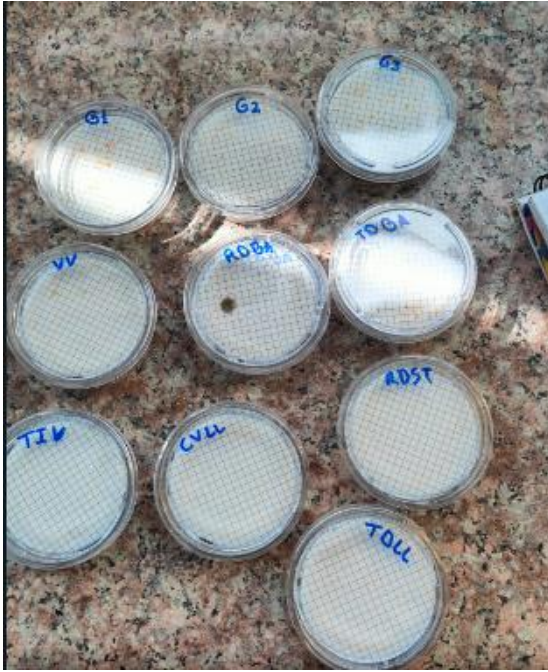






**ANEXO D: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA**







esPOCH

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 31 / 07 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Mariela Edith Pilco Colcha
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Bioquímica y Farmacia
<b>Título a optar:</b> Bioquímica Farmacéutica
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1325-DBRA-UPT-2023