

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

## **Evaluación de la calidad del agua superficial para el consumo humano en el centro poblado San Miguel de Viso – Huarochirí**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

### **Autor:**

Kelly Lizet Díaz Bances  
Nesenia Rosa Mamani Chambi

### **Asesor:**

Mag. Joel Hugo Fernández Rojas

Lima, Octubre del 2021

# DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Joel Hugo Fernández Rojas de la Facultad de ingeniería y arquitectura,  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL PARA EL CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO SAN MIGUEL DE VISO - HUAROCHIRÍ”** constituye la memoria que presenta los Bachilleres Kelly Lizet Díaz Bances y Nesenia Rosa Mamani Chambi para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 01 día del mes de octubre del año 2021.



---

Joel Hugo Fernández Rojas

034

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los 01 días día(s) del mes de octubre del año 2021 siendo las 8:30 horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, el secretario: **Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio**, y los demás miembros: **Ing. Orlando Alan Poma Porras** y la **Ing. Jocelyn Dianella Torres Guerra** y el asesor **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas**, con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Evaluación de la calidad del agua superficial para el consumo humano en el Centro Poblado San Miguel De Viso-Huarochiri"

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **KELLY LIZET DÍAZ BANCES**

.....b) **NESENIA ROSA MAMANI CHAMBI** .....

.conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): ..... **KELLY LIZET DIAZ BANCES** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>17</b>	<b>B+</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>SOBRESALIENTE</b>

Candidato (b): ..... **NESENIA ROSA MAMANI CHAMBI** .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>17</b>	<b>B+</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>SOBRESALIENTE</b>

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente  
Mg. Milda Amparo  
Cruz Huaranga



\_\_\_\_\_  
Asesor  
Mg. Joel Hugo  
Fernández Rojas



\_\_\_\_\_  
Candidato/a (a)  
Kelly



\_\_\_\_\_  
Secretario  
Mg. Jackson Edgardo  
Pérez Carpio

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Ing. Orlando Alan  
Poma Porras

\_\_\_\_\_  
Miembro  
Ing. Jocelyn Dianella  
Torres Guerra



\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)  
Nesenia

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	VII
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	XI
2.1. Población de estudio:.....	XI
2.2. Materiales y equipos:.....	XI
2.3. Puntos de muestreo del agua: .....	XII
2.4. Metodología de muestreo: .....	XIII
2.5. Análisis de laboratorio de las muestras: .....	XIII
3. RESULTADOS .....	XIV
4. DISCUSIONES .....	XX
5. CONCLUSIONES .....	XXIV
6. RECOMENDACIONES .....	XXVI
7. AGRADECIMIENTO .....	XXVIII
8. ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO .....	XXVIII
REFERENCIAS.....	XXIX

## Índice de ilustraciones

## FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Temperatura de las muestras de agua.....	
<b>Figura 2.</b> pH de las muestras de agua .....	XV
<b>Figura 3.</b> Conductividad eléctrica de las muestras de agua .....	XVI
<b>Figura 4.</b> Turbidez de las muestras de agua.....	XVII
<b>Figura 5.</b> Concentración de arsénico de las muestras de agua.....	XVIII
<b>Figura 6.</b> Concentración de Escherichia coli de las muestras de agua.....	XIX
<b>Figura 7.</b> Concentración de plomo de las muestras de agua .....	XX

## Índice de tablas

### TABLAS

**Tabla 1.** Materiales y equipos para el muestreo y análisis de las muestras de agua.....XII

**Tabla 2.** Ubicación de los puntos de muestreo.....XIII

## Evaluación de la calidad del agua superficial para el consumo humano en el centro poblado San Miguel de Viso – Huarochirí

Kelly Lizet Díaz Bances<sup>1</sup>, Nesenia Rosa Mamani Chambi<sup>2</sup> & Joel Hugo Fernández Rojas<sup>3</sup>

1. Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Ambiental, Departamento de Lima, Perú; [kellydiaz@upeu.edu.pe](mailto:kellydiaz@upeu.edu.pe), <https://orcid.org/0000-0001-9970-2798>
2. Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Ambiental, Departamento de Lima, Perú; [neseniamamani@upeu.edu.pe](mailto:neseniamamani@upeu.edu.pe), <https://orcid.org/0000-0002-8088-359X>
3. Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Ambiental, Departamento de Lima, Perú; [hugof@upeu.edu.pe](mailto:hugof@upeu.edu.pe), <https://orcid.org/0000-0002-1761-2818>

### ABSTRACT.

The objective of the research was to evaluate the quality of surface water intended for treatment for human consumption in the town of San Miguel de Viso, located in the district of San Mateo de Huarochirí-Lima. For which, 3 points of the supply system were chosen. 1 sample was taken at each point in the dry season and flood season. Two physical parameters were analyzed in situ, 2 chemical and 1 microbiological in the dry season and 2 physical parameters in situ, 34 chemical and 1 microbiological in the laboratory in the flood season. The method of chemical analysis was 6020B, APHA3114BC and APHA3111B. For water sampling, the national water monitoring protocol was used. The turbidity results of the 3 samples range from 0.51 to 4.54 NTU, the electrical conductivity is from 334 to 556 us / cm; The T ° of the water varies between 11.5 to 13 ° C. While the chemical analysis of As at the Capture 2 sampling point was 0.04397 mg / l and the reservoir sampling point was 0.02815 mg / l and the other 32 metals The remaining total did not exceed the Peruvian regulations, while the microbiological parameter ranges from 0.7 MPN / 100 to 17 MPN / 100ml. In conclusion, in flood season only *Escherichia coli* exceeds when compared with the ECA for water 2017 category 1-A1 and A2. On the other hand, in flood times it exceeds Arsenic and *Escherichia coli*.

**Keywords:** *samples; water quality; parameters, ECA for water.*

### RESUMEN.

La investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua superficial destinada a tratamiento para el consumo humano en el centro poblado de San Miguel de Viso, ubicado en el distrito de San Mateo de Huarochirí-Lima. Para lo cual, se eligieron 3 puntos del sistema de abastecimiento. Se tomaron 1 muestra en cada punto en las épocas de estiaje y avenida. Se analizaron 2 parámetros físicos in situ, 2 químicos y 1 microbiológico en época de estiaje y 2 parámetros físicos in situ, 34 químicos y 1 microbiológico en laboratorio en época de avenida. Como método de análisis químico fue el 6020B, APHA3114BC y APHA3111B. Para el muestreo de las aguas se usó el protocolo nacional de monitoreo de agua. Los resultados de turbidez de las 3 muestras oscilan de 0.51 a 4.54 NTU, la conductividad eléctrica es de 334 a 556 us/cm; la T° del agua varía entre 11.5 a 13° C. Mientras que el análisis químico de As en el punto de muestreo Captación 2 fue 0,04397 mg/l y el punto de muestreo reservorio fue 0,02815 mg/l y los otros 32 metales totales restantes no sobrepasaron la normativa peruana, mientras que el parámetro microbiológico oscila entre 0.7 NMP/100 a 17 NMP/100ml. En conclusión, en época de avenida solo sobrepasa el *Escherichia coli* al comparar con el ECA para agua 2017 categoría 1-A1 y A2. Por otro lado, en época de avenida sobrepasa el Arsénico y el *Escherichia coli*.

**Palabras clave:** *muestras; calidad del agua; parámetros, ECA para agua.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El 4% del total de muertes en el mundo se dan por problemas relacionados con el agua, desagüe e higiene. En países desarrollados la mayoría de las aguas superficiales tienen niveles de contaminación que deben ser resueltos en los procesos de tratamiento y desinfección del agua para consumo humano (Bracho Fernández & Fernández Rodríguez, 2017).

En arsénico se caracteriza por ser un elemento altamente tóxico y de fácil bioacumulación en el medio natural, incluso puede llegar a los cuerpos de aguas desde las rocas que han sido meteorizadas (Alonso, Latorre, Castillo & Brandão, 2014), además, puede estar asociado a la reacción de oxidación con minerales sulfurosos en rocas metasedimentarias, cuya variabilidad de las concentraciones de As, puede sobrepasar las halladas en rocas de tipo metamórficas e ígneas (Morales Cabrera, et al., 2017).

La contaminación por arsénico se puede dar por 2 formas, la primera mediante la liberación natural, por las aguas subterráneas con alto concentración de arsénico (Smedley, Zhang, Zhang & Luo, 2003); y la segunda por las emisiones antropogénicas (Zhang, Yang, Tang, Qin & Yu, 2014), como actividades mineras (Hepp, Pratas & Graça, 2017; González, Rodríguez, Boente & Menéndez, 2018). También la contaminación se da por el uso abonos fosfatados, fungicidas, herbicidas e insecticidas (Ghaeni, Pour & Hosseini, 2015).



En el río Carrizal, Manabí-Ecuador, se encontraron en la zona 1 concentraciones que van desde no detectables hasta 23,05 mg/L, en zona 2 se presentaron concentraciones que llegan hasta 20,11 mg/L y para la zona 3 las concentraciones llegaron a un max. de 35,64 mg/L. En ese sentido, se concluyó que las concentraciones de As superaron el límite permisible (0.01 mg/L) establecido por la OMS (Aveiga, Ana; Noles, Patricio; Peñarrieta, Fabián; Murgueitio, 2020).

La presencia de arsénico en el ambiente genera un problema de salud pública debido a la alta frecuencia que ha sido detectado en países de Sudamérica y Centroamérica, entre otros. El arsénico fue clasificado por la International Agency for Research on Cancer (IARC), como un agente carcinogénico por la ingesta del agua y cáncer en la piel y estudios ocupacionales que relacionan la exposición al arsénico y cáncer de pulmón (Galetovic Carabantes, 2017) .

Se realizó una investigación en una comunidad de Madrid en la que se encontró concentraciones de arsénico que superan los 50µg/l, límite máximo según normativa del país ya mencionado (Aragonés Sanz & Palacios Diez, 2020).

En el Altiplano Boliviano, se determinaron altos niveles de concentraciones de arsénico en aguas superficiales como en subterráneas que han sido originadas por la exhaustiva actividad minera e industria (Ormachea Muñoz & Aguirre, 2014).

Por otra parte, en Perú, en la cuenca hidrográfica de Sama de la Región Tacna se ha encontrado concentraciones de arsénico superando el 0.01 mg/L establecido en el DS N°004-2017 (Morales Cabrera et al., 2017). Otro caso estudiado, fue el de las aguas superficiales del Río Coata Puno, esta evaluación se realizó en temporada de estiaje y otra en avenida, en la que también sobrepasó la concentración de arsénico (Quispe Yana et al., 2019). Algunos parámetros medidos in situ fueron la temperatura, el pH, conductividad eléctrica (Gonzales et al., 2014).

En Chullunquiani, Juliaca-Puno se evaluó la calidad del agua provenientes de fuentes de abastecimiento (superficiales y subterráneas). Los resultados de los parámetros físico-químicos se encontraron dentro de los límites permisibles. También, se evidenció la presencia de *Escherichia coli*, para aguas superficiales reportando 4866,6 UFC/100ml en diciembre del 2014 para el manantial 1 y 1633,3 UFC/100ml para el manantial 2 en el mismo año. Igualmente se evidenciaron valores altos durante el mes de mayo del 2015 en los puntos de muestreo manantial 1 y 2 con 11 866,6 UFC/100ml y 3966,6 UFC/100ml. Se concluyó que el agua no cumple con la normativa del Ministerio de Salud (Brousett, Chambi, Mollocondo, Aguilar, & Lujano, 2018).

Otro caso de contaminación de aguas superficiales, es el estudio que se realizó en mayo del 2017 a lo largo del Río Crucero ubicado en el departamento de Puno. A menudo se vierten efluentes contaminados de la minería. Por ello, se seleccionaron 5 estaciones de muestreo. Los resultados mostraron altos niveles de  $\text{pH} \geq 8.5$  considerándose básico. Por

lo que los metales tienden a precipitarse. Los resultados indican que el agua no es apta para el consumo humano (Salas-Mercado, Hermoza-Gutiérrez, & Salas-Ávila, 2020).

En el departamento de Lima provincia de Huarochirí (Untiveros, 2016) en el año 2015 se realizó el estudio de la calidad del agua superficial de la quebrada Mayo ubicada en la parte alta de la comunidad de San Miguel de Viso - Huarochirí en donde se tomaron muestras de agua en 2 puntos QM1 y QM2. Los resultados en el punto QM1 cumplen con los valores máximos indicados por la normativa peruana. Esto indicaría que el agua de la quebrada Mayo, que proviene de la laguna Huangro, es de buena calidad. Por otro lado, en el punto QM2 Las concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso y plomo obtenidos sobrepasan lo indicado por la normativa peruana lo que indicaría que sus aguas no son aptas para el consumo humano ni para el riego de los cultivos. En ese sentido, los pasivos ambientales mineros ubicados en la parte alta de la quebrada Mayo impactan en la calidad de agua de la quebrada, así lo refleja el incremento de la concentración de metales desde el punto QM1 al QM2.

Por otra parte, La autoridad nacional del agua ha realizado estudios de calidad del agua de la parte baja de la quebrada Mayo, Comunidad de San Miguel de Viso-Huarochirí en un solo punto de monitoreo llamado R Mayo-1 desde el año 2012 al 2015 teniendo como resultado altos niveles de sulfatos, arsénico, cadmio, hierro, manganeso, zinc y plomo que sobrepasa el ECA para agua 2017 categoría 1 (Untiveros, 2016).

En ese sentido esta investigación tuvo como propósito evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua superficial destinada a tratamiento para el consumo humano en el centro poblado de San Miguel de Viso perteneciente al distrito de San Mateo de Huarochirí para el año 2019.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Población de estudio:**

En la evaluación físico-químico, microbiológica de muestras de agua en la que se eligieron 3 puntos del sistema de abastecimiento. Se tomaron 1 muestra en cada punto en las épocas de estiaje y avenida. El área de estudio está ubicada en el centro poblado de San Miguel de Viso, Distrito San Mateo, Provincia de Huarochirí. Se encuentra a la altura del kilómetro 84 de la carretera central, entre las coordenadas UTM (WGS84) 355469.1 Este, 1305475.4 Norte y 3119 m.s.n.m. altitud. San Miguel de Viso tiene un clima semi seco y frío, con lluvias estacionales de diciembre a marzo, la temperatura oscila entre 15°C a 4°C

### **2.2. Materiales y equipos:**

Materiales y equipos que se usó en la evaluación de localidad del agua de Viso

Tabla 1.

Materiales y equipos para el muestreo y análisis de las muestras de agua

Materiales	Cantidad	Equipos	Cantidad
Reactivo conservante	1	GPS	2
Cooler	2		
Balde de 5L	1		
Botellas ambar	3	Multiparámetro	1
Botellas de plástico	3		
Cuaderno de apuntes	1	Turbidímetro	1
Lapicero de apuntes	2		
Guantes latex	4		
EPPS	2	Cámara fotográfica	1
Cadena de custodia	6		

---

 Fuente: Elaboración propia 2021

### 2.3. Puntos de muestreo del agua:

La toma de muestras puntual de agua se realizó el 27 de octubre del 2019 en compañía de dos comuneros de San Miguel de Viso.

Tabla 2.

Ubicación de los puntos de muestreo.

Puntos	Coordenadas UTM	Descripción
Captación 1	18L 0356568	Parte alta de Quebrada Mayo
	UTM 8692986	Captación principal.
Captación 2	18L 0356351	Canal rústico paralelo a quebrada Mayo
	UTM 8693816	400 metros aproximadamente de la captación principal
Reservorio	18L 0356409	Infraestructura cercana al centro poblado
	UTM 8093018	de San Miguel de Viso

Fuente: Elaboración propia 2021

#### 2.4. Metodología de muestreo:

El tipo de muestreo fue puntual, en otras palabras, las muestras de agua fueron tomadas en dos épocas, de estiaje y avenida. En cada uno de los puntos elegidos: Captación 1, captación 2 y reservorio. Para este muestreo se consideró "Protocolo Nacional para el Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales" Resolución Jefatural N° 010 2016 ANA.

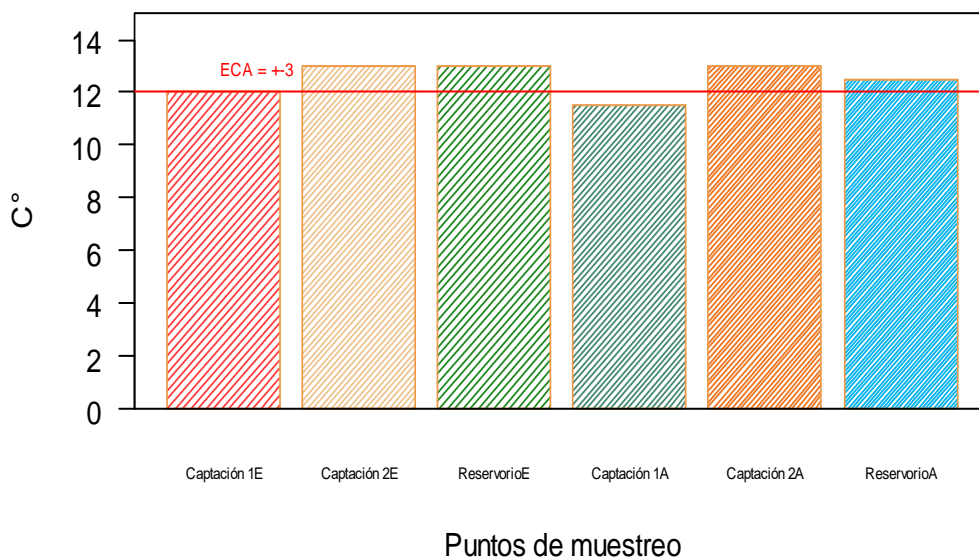
#### 2.5. Análisis de laboratorio de las muestras:

Para el análisis de turbidez, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos, PH y oxígeno disuelto se utilizó el laboratorio de monitoreo ambiental de la facultad de ingeniería y arquitectura-UPEU.

En época de avenida el análisis de parámetros orgánicos químicos como Litio, Berilio, Boro, Sodio, Magnesio, Aluminio, Silicio, Fósforo, Potasio, Calcio, Titanio, Vanadio, Cromo, Manganeso, Hierro, Cobalto, Níquel, Cobre, Zinc, Arsénico, Selenio, Estroncio, Molibdeno, Plata, Cadmio, Estaño, Antimonio, Bario, Mercurio, Talio, Plomo, Bismuto y Uranio se mandó analizar al laboratorio ECOLAB el cual está acreditado por INACAL con registro N° LE-017, el método de ensayo aplicado para los Metales Totales fue por ICP-MS: EPA Method 6020B y en época de estiaje los análisis de los parámetros químicos Arsénico y Plomo se realizaron en el laboratorio DELTA LAB.

### 3. RESULTADOS

#### Temperatura medida en Viso

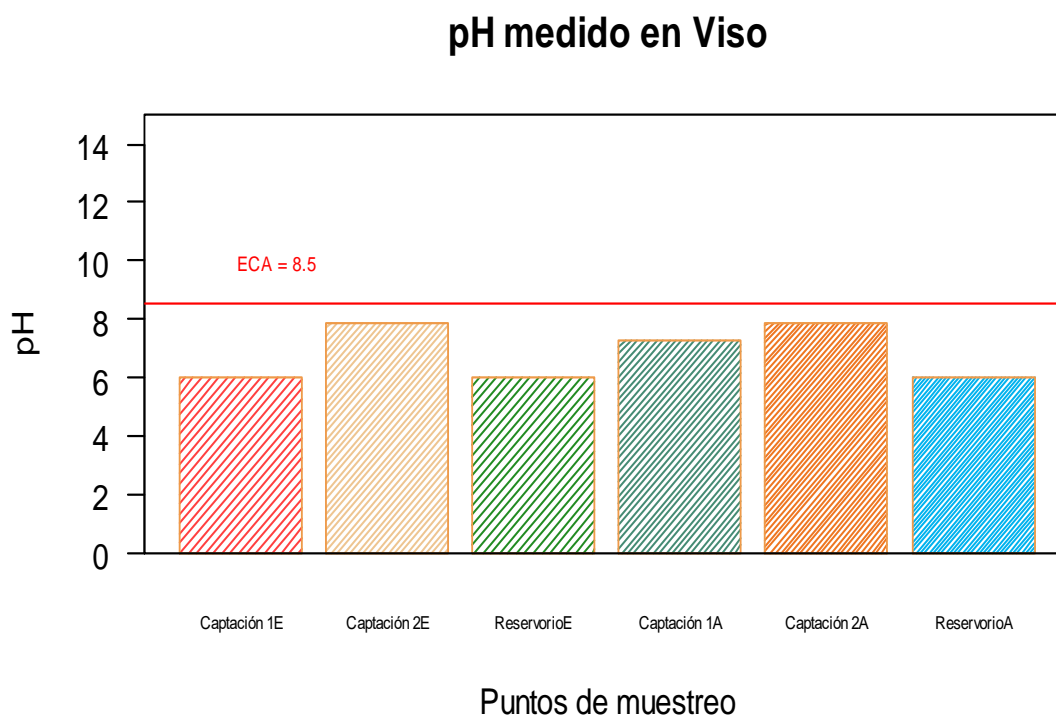


**Figura 1.** Temperatura de las muestras de agua

Fuente: Elaboración propia 2021

En la figura 1 se reportan los resultados de las mediciones in situ de la temperatura del agua en los puntos de muestreo Captación 1, Captación

2 y Reservoirio de la época de estiaje y avenida. Donde se observa 13°C como temperatura máxima y 11°C como temperatura mínima.



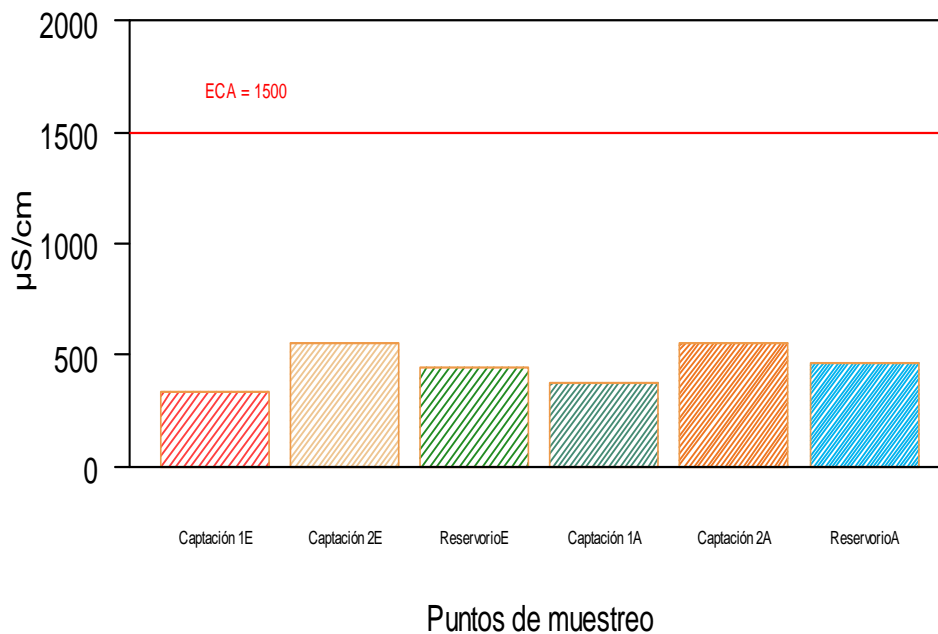
**Figura 2.** pH de las muestras de agua

Fuente: Elaboración propia 2021

En la figura N°2 se observa que el pH de las aguas analizadas se encuentra dentro del rango (6.5 a 8.5) establecido en el ECA 2017 categoría A1 para los puntos de muestreo (Captación1, Captación2 y Reservoirio) en época de estiaje y avenida. En captación 1 se registró un comportamiento del pH ligeramente neutro con un valor de 7.3, en la captación 2 el valor del pH es de 7.9 mostrando un valor neutro y en el punto del muestreo del reservoirio se observa un comportamiento ácido.



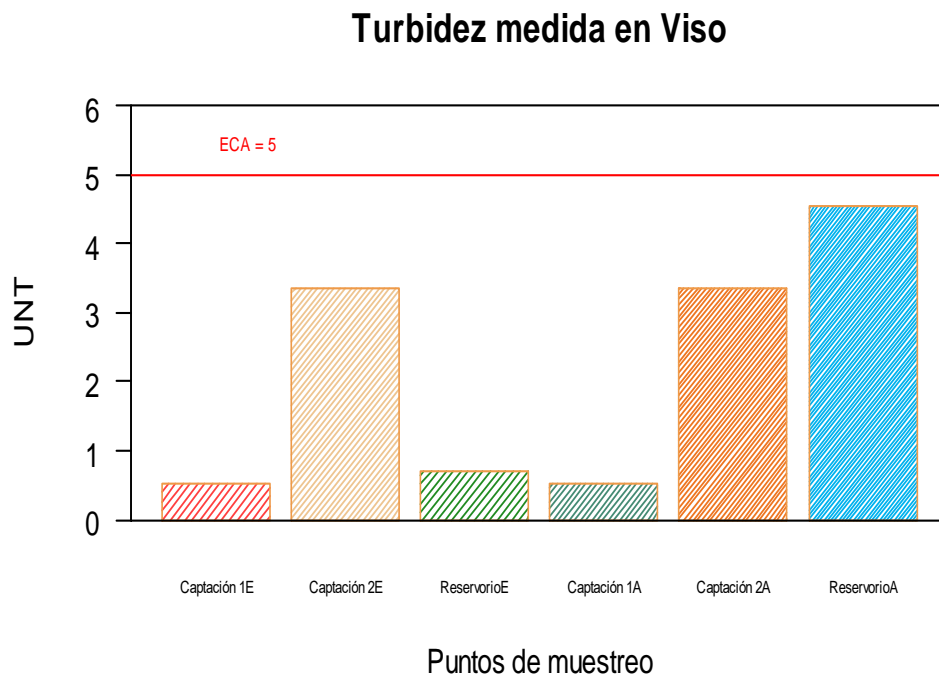
### CE medida en Viso



**Figura 3.** Conductividad eléctrica de las muestras de agua

Fuente: Elaboración propia 2021

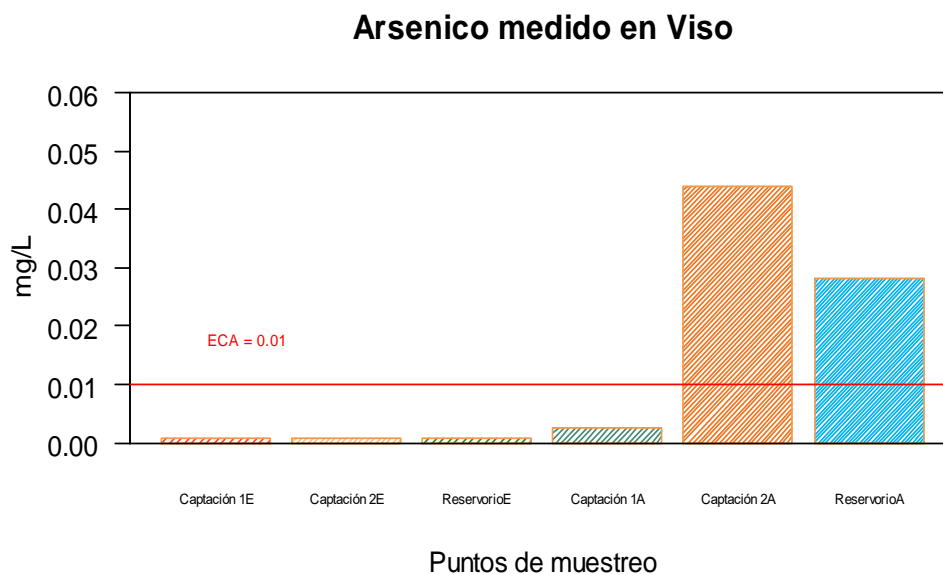
En cuanto a la conductividad eléctrica en la figura N°3 se observa que la concentración del punto de muestreo Captación 1 se incrementó en la época de estiaje con 334  $\mu\text{S/cm}$  hasta 373,33  $\mu\text{S/cm}$  en época de avenida. Así mismo en el punto de muestreo Reservorio se observa un incremento de 441  $\mu\text{S/cm}$  hasta 466,66  $\mu\text{S/cm}$ . Mientras que en Captación 2 la CE se mantiene constante con 556,66  $\mu\text{S/cm}$ . En los tres puntos de muestreo la CE no supera el límite (1500  $\mu\text{S/cm}$ ) establecido en el ECA agua N°004-2017



**Figura 4.** Turbidez de las muestras de agua

Fuente: Elaboración propia 2021

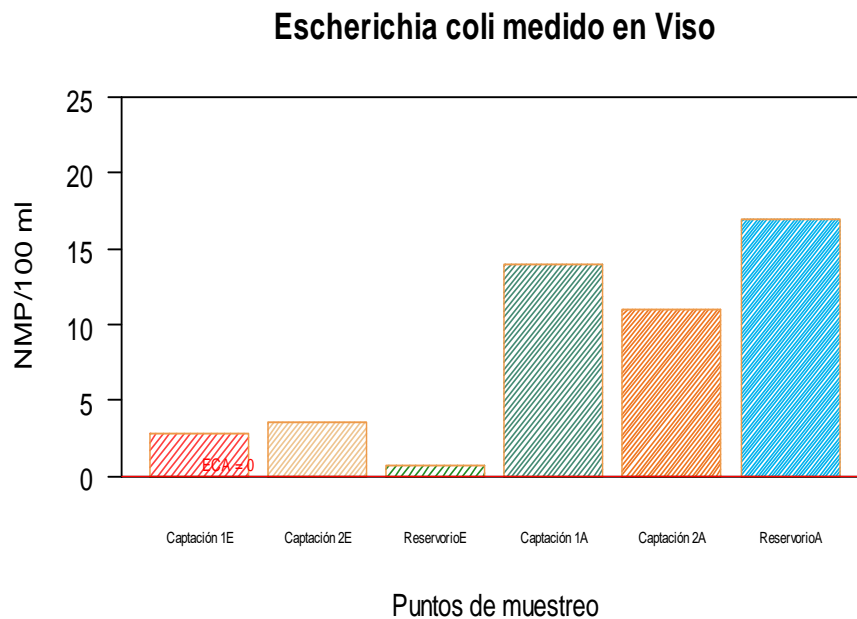
En la figura N°4 la turbidez presentó un ligero incremento, presentando un valor mínimo (0.51 NTU) en estiaje y un valor máximo (4.54 NTU) en avenida.



**Figura 5.** Concentración de arsénico de las muestras de agua.

Fuente: Elaboración propia 2021

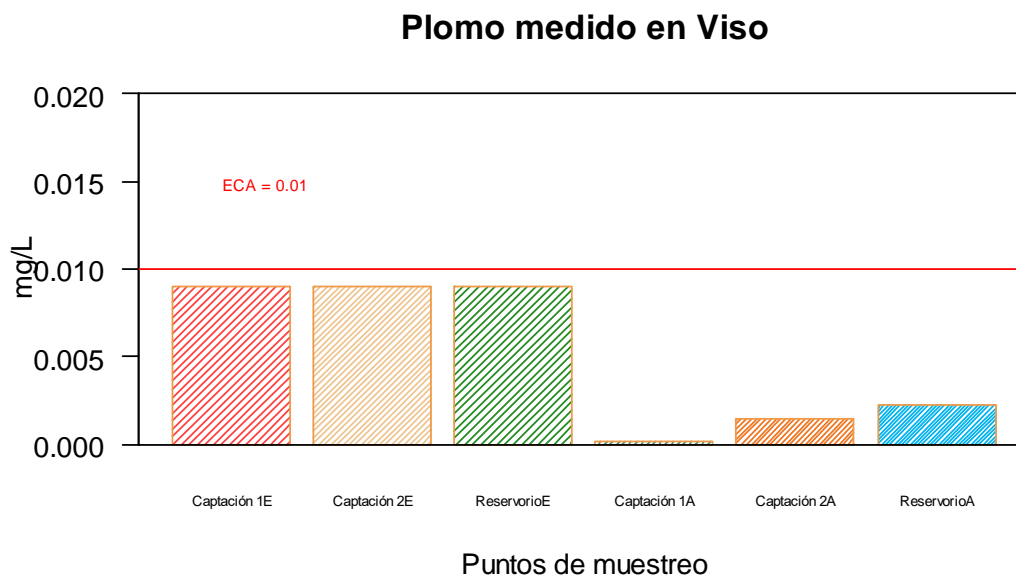
En la figura N°5 se presenta los resultados con respecto al arsénico, el cual se encuentra dentro del rango aceptable en la época de avenida, pero se evidencia un incremento correspondiente a la época de avenida en captación 2 (0.04397 mg/L) y Reservorio (0.02815 mg/L). La concentración excesiva de arsénico en los humanos produce cáncer y enfermedades nerviosas.



**Figura 6.** Concentración de *Escherichia coli* de las muestras de agua.

Fuente: elaboración propia 2021

Los resultados del análisis microbiológico (Figura N°7) muestra la presencia de *Escherichia coli* para los puntos de muestreo del 2019 reportando en estiaje 2.8; 3.5 y 0.7 NMP/100 ml para captación 1, captación 2 y Reservorio respectivamente y se registró 14; 11; 17 NMP/100ml para captación 1, captación 2 y reservorio en avenida. La concentración excesiva de E.Coli en los humanos produce diarreas y problemas en el estómago.



**Figura 7.** Concentración de plomo de las muestras de agua

Fuente: elaboración propia 2021

En caso del plomo, este se encuentra dentro de la normativa (0.01 mg/L) tanto de la época de estiaje como avenida, que corresponde a un valor mínimo de 0.00017 mg/L y <0.01 mg/L (Figura N°6). Siendo los resultados mayores en época de avenida. La concentración excesiva de plomo en los humanos produce plumbiosis y enfermedades nerviosas.

#### 4. DISCUSIONES

Los resultados de los parámetros físicos se encuentran dentro de lo establecido en el DS N°004-2017-MINAM. En cuanto, a la lectura de la temperatura los valores para estiaje fluctúan entre 12°C (Captación 1), 13°C (Captación 2) y 13°C (Reservorio) y para avenida fluctúan entre 11.5°C (Captación 1), 13°C (Captación 2) y 12.5°C (Reservorio). Siendo los puntos con altura más baja que registran temperaturas elevadas. Por el contrario, los sitios con altura más alta registran temperaturas bajas.

Estudios de (Salas-Mercado et al., 2020) señalan que es debido al descenso de la velocidad del flujo. También (Mayorga, J; Mayorga, 2015) hace mención que los resultados de la medición de la temperatura del agua dependen de factores climáticos y de la hora presentes al momento que se recolecta la muestra.

En cuanto a los resultados del pH, se observó valores bajos en Captación 1 y Reservoirio de la época de estiaje y en Reservoirio de la época de avenida. Este descenso en el pH evidencia posibles descargas de efluentes en la fuente de agua sin ningún tratamiento. En este estudio los resultados difieren de los presentados en la evaluación del agua en la parte alta de la quebrada Mayo realizada por la CEAS en el año 2015. Los cuales fueron 7.2 pH en QM1 y 6.6 pH en QM2 (Untiveros, 2016). Sin embargo, en ambos casos se encuentran dentro del rango (6.5-8.5 pH) establecido por la normativa peruana vigente.

Los resultados de la conductividad eléctrica se encontraron por debajo de la norma (1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), el valor mínimo reportado para las aguas superficiales en época de estiaje fue de Captación 1 con 334  $\mu\text{S}/\text{cm}$  incrementándose hasta 373.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en época de avenida. En el punto Captación 2 se mantuvo constante la conductividad con un valor de 556,66  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los valores ligeramente altos reportados fueron los de época de avenida en Reservoirio con 466,66  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Además, son mínimos comparados con el ECA para agua N°004 2017 (1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), pero mayores a la Evaluación de la Calidad del Agua y del Suelo en la parte

alta de la Quebrada Mayo – Distrito San Mateo que presentaron en el punto QM1 (131  $\mu\text{S/cm}$ ) y en el punto QM2 (323  $\mu\text{S/cm}$ ).

La turbidez resultó baja en ambas épocas de estiaje y avenida presentando resultados entre 0.51 y 4.54 NTU (Figura N°4), encontrándose dentro de la norma peruana (5 NTU). La turbidez de agua en fuentes superficiales se debe a los procesos erosivos de los suelos los cuales aumentan considerablemente en épocas de avenida, cambiando el color de agua (Brousett et al., 2018). Esta afirmación tiene una estrecha relación con la conductividad encontrada en la época de estiaje (334  $\mu\text{S/cm}$ ) para Captación 1 y en época de avenida (466,66  $\mu\text{S/cm}$ ) para el Reservorio.

El arsénico es conocido como una sustancia tóxica y carcinogénica, incluso puede provocar mutaciones a mínimas concentraciones (Marghoob, et al., 2015). Los resultados de los análisis realizados de metales pesados en orina y pelo en niños y niñas por la RED MUQUI en octubre del 2016 expresan que hay una exposición puntual de arsénico y otros metales en la orina. Por ello, se analizó el arsénico el cual sobrepasa la normativa peruana vigente. Este último punto está cerca a la quebrada Mayo lo que indica que la probable causa sean los pasivos ambientales que están cerca a la comunidad de Viso.

Los pasivos ambientales ubicados en la parte alta de la Quebrada Mayo impactan en la calidad del agua según el informe presentado el 31 de Julio en el 2015 por el CEAS. En la presente investigación los valores

encontrados (<0.01; 0.00017; 0.0014; 0.00221) discrepan con la investigación de (Untiveros, 2016) con concentraciones de plomo en el punto QM2 (0.102 mg/L) sobrepasando los límites permitidos (0.01 mg/L) por la normativa peruana. Sin embargo, se debe de realizar otros estudios para confirmar la concentración de plomo mencionada anteriormente. Debido a que se tiene indicio que la contaminación de plomo en las cuencas hidrográficas expone generalmente a la población de la parte central del Perú (Villena Chávez, 2018).

Estos elementos químicos de origen natural o antropogénico contribuyen a que la calidad del agua no se considere apta para el consumo humano (Germán Quispe et al., 2019). Actualmente en el Perú se ha identificado más de ocho mil setecientos noventa y cuatro pasivos mineros, de los cuales el 29% están en proceso de remediación o reaprovechamiento y el otro 19% tiene un plan de cierre aprobado. Mientras que el 71% solo se encuentra identificado, pero no tiene una etapa de cierre, generando pasivos que contaminan el recurso hídrico (Cervantes Neira & Quito Quilla, 2020). Lamentablemente la pobreza y la enfermedad se han convertido en variables recurrentes de un binomio. En este caso, se recomienda al gobierno ser más estricto con los estándares establecidos a fin proteger a la población, al ambiente y al entorno económico (Villena Chávez, 2018).

En cuanto a la presencia de *Escherichia coli* se registraron mayores valores en la época de avenida, lo que hace presumir una contaminación por ingreso de efluentes mineros. En ese sentido, la presencia de *Escherichia coli* se establece como una variable medible de contaminación



fecal (Tarqui Mamani, et al., 2016). Como consecuencia indirecta puede producir enfermedades entéricas. La población vulnerable está frecuentemente en las zonas rurales, porque carecen del servicio de potabilización y se observa contaminación del recurso hídrico debido a que la fuente de abastecimiento está expuesta a partículas orgánicas e inorgánicas (Tarqui Mamani, et al., 2016). Lo cual indica que no cumplió con este parámetro establecido en los Estándares de Calidad para agua N°004-2017-MINAM.

## **5. CONCLUSIONES**

Se evaluó la calidad del agua tomando como base legal el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM. Además, se comparó los resultados de dos épocas. De acuerdo a la normativa vigente antes mencionada y considerando su uso para consumo humano la calidad del agua no se encuentra apta para que la población de Viso haga uso del recurso hídrico, sin un previo tratamiento.

Los resultados del análisis físico tanto en época de estiaje como avenida respecto a la temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica y turbidez en los puntos captación 1, captación 2 y reservorio cumplen con los valores máximos establecidos en el DS N°004-217-MINAM

El promedio de los resultados de la medición de la temperatura del agua en época de estiaje y avenida fueron de 12.7 y 12.3°C respectivamente. En cuanto a los resultados de las muestras del pH en época de estiaje se

observa un valor ligeramente ácido en los puntos de captación 1 y reservorio. Mientras que en época de avenida muestra un comportamiento casi neutro con valores de 7.3 y 7.9 pH, valores que están dentro del rango permitido (6.5 y 8.5) según el DS N°004-2017-MINAM. Solo una muestra presentó un pH menor a 6.5, lo que puede ser atribuible a una posible descomposición de materia orgánica, quizás proveniente de los campamentos mineros o de la ganadería extensiva.

Los valores registrados para conductividad eléctrica durante la época de estiaje oscilan entre 334  $\mu\text{S/cm}$  (Captación 1), 556.66  $\mu\text{S/cm}$  (Captación 2) y 441  $\mu\text{S/cm}$  (Reservorio). Para la época de avenida oscilan entre 373.33  $\mu\text{S/cm}$  (Captación 1), 556.66  $\mu\text{S/cm}$  (Captación 2) y 466.66  $\mu\text{S/cm}$  (Reservorio). Valores que se encuentran dentro del rango permitido en los Estándares de Calidad para el Agua (1500  $\mu\text{S/cm}$ ).

Las lecturas obtenidas de turbidez en época de estiaje fueron menores que los valores obtenidos en época de avenida. Puede ser debido a la erosión o sedimentos de microorganismos. Sin embargo, los valores que fluctúan son de 0.51 a 4.59 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez), lo que indica que si está dentro del rango permitido (5 UNT) según la OMS y la normativa nacional.

Por otro lado, la caracterización química indica que las concentraciones de arsénico en estiaje no sobrepasan los límites establecidos con un valor constante en los tres puntos de muestreo (<0.001 mg/L). Sin embargo, en época de avenida si sobrepasa el valor indicado en el DS N°004-2017-

MINAM (0.01 mg/L), con una concentración de 0.04397 mg/L en el punto de muestreo Captación 2. Este último punto está cerca a la quebrada Mayo lo que indica que la probable causa sean los pasivos ambientales que están cerca a la comunidad de Viso.

En conclusión, se debe comunicar a la comunidad de los resultados de esta evaluación y de los peligros que representa el consumir agua en las condiciones que se encuentra. Además, se recomienda que el agua debe pasar por un tratamiento de potabilización.

## **6. RECOMENDACIONES**

Se aconseja continuar con la investigación para generar más evidencia científica en los acuíferos de la munidad. Debido que durante la revisión bibliográfica se ha encontrado poca información. Se recomienda evaluar y analizar el agua en la laguna Huangro. Debido a que una de las actividades económicas predominantes de la zona es la minería convencional. Así mismo, se tiene de conocimiento por este y otros estudios la presencia de metales pesados como el arsénico que se encuentra superando los estándares en los cuerpos receptores, que posiblemente estén contaminados por los efluentes que vierte la minería en los cuerpos de agua. Estos cuerpos receptores forman parte de los canales de captación de agua. Lo que significa un riesgo grave para la salud de los comuneros de Viso.

Se insta a remediar los pasivos ambientales mineros que se encuentran en la parte alta de la quebrada Mayo, pues según los resultados obtenidos

y las revisiones bibliográficas indican la presencia de metales pesados que podrían poner en riesgo la salud humana y ambiental de la comunidad de Viso. Además.

Se recomienda realizar el tratamiento de agua mediante el método de adsorción con óxido de magnesio u óxido de titanio que han sido utilizadas como metodologías eficientes en adsorción de metales pesados. por considerarlos adsorbentes eficientes para remoción de metales pesados en agua. Además, los bajos costos operativos hacen de este proceso la mejor alternativa al permitir tratar una alta concentración de arsénico para la producción de agua potable. según (Mejia Zamudio, et al., 2016) los tratamientos del agua contaminada por arsénico muestran una eficiencia superior a 90 % de As+5 adsorbido en un tiempo de cinco minutos. Los resultados indican que las variables más significativas que afectan la adsorción de As+5 son la concentración inicial de As y la relación sólido/líquido (S/L). Los datos experimentales se ajustan de mejor forma a la isoterma de Freundlich, con lo que se obtiene una capacidad de adsorción de 20.17 mg/g.

Se recomienda la desinfección para el tratamiento microbiológico. Según (Cruz, et al., 2015) quien realizó un estudio de seguimiento mediante la evaluación de la cantidad de cloro residual en el agua de consumo humano, y se midieron también los niveles de contaminación del agua. Luego de un período de 17 semanas de seguimiento, 75,9% de los 1281 participantes usaban el sistema, la contaminación de agua antes de la intervención era > 800UFC/50mL de coliformes en las cinco localidades, luego de la intervención se redujo a cero en tres de las cuatro localidades

intervenidas. Las concentraciones de cloro residual en el agua de consumo de las localidades intervenidas se encontraron en rangos adecuados. Se concluyó que uso de cloro reduce significativamente la contaminación bacteriológica del agua para consumo humano.

## **7. AGRADECIMIENTO**

Esta investigación fue realizada gracias al apoyo de la ONG PRACTICAL ACTION en colaboración con la Universidad Peruana Unión. Investigadores principales: Joel Hugo Rojas Fernández, Kelly Lizet Díaz Bances y Nesenia Rosa Mamani Chambi.

## **8. ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO**

Los autores declaran haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en el manuscrito; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, y que todas las fuentes financieras se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos.

Asimismo, están de acuerdo con la versión editada final del documento. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista. La contribución de los autores es como se detalla a continuación: investigador, análisis de datos y redacción del artículo.

## REFERENCIAS

- ANA, 2016. *Protocolo Nacional Para El Monitoreo De La Calidad De Los Recursos Hídricos Superficiales*. Lima: ANA.
- ANA, 2020. *Informe técnico de resultados del primer monitoreo participativo de la calidad del agua superficial de la Cuenca del Río Rímac*, Lima: ANA.
- Aragón Sanz, N. & Palacios Diez, M., 2020. Nivel de arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la comunidad de Madrid. *Revista española de salud*.
- Aurazo de Zumaeta, M., 2004. *Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Aveiga, A., Noles, P., Peñarrieta, F. & Murgueitio, E., 2020. Distribución de Arsénico en Agua Superficial y Sedimento en la Cuenca del Río Carrizal, Manabí - Ecuador. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, pp. 260-275.
- Bracho Fernández, I. A. & Fernández Rod.
- Brousett, M. y otros, 2018. Evaluación Físico-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano Puno - Perú. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, pp. 47-68.
- Cervantes Neira, J. J. & Quito Quilla, S. J., 2020. Evaluación de riesgo ambiental generado por pasivo ambiental minero en la calidad de agua superficial. *Revista Natura Economía*, pp. 1-14.
- Cruz, R., Arévalo, H. & Chamorro, F., 2015. Efecto del uso de un método artesanal para el tratamiento de agua en comunidades rurales de la región San Martín, Perú. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, junio. Volumen 22.
- Escalera Vásquez, R., 2007. Contaminación Minera En Bolivia: Alternativas De Remediación De Aguas Ácidas. *Investigacion & Desarrollo*, pp. 78-87.
- Galetovic Carabantes, A., 2017. Arsénico en el agua de bebida: un problema de la salud. *Bras. Cienc. Farm.*
- Germán Quispe et al., 2019. Determinación Del Contenido De Fósforo Y Arsénico, Y De Otros Metales Contaminantes De Las Aguas Superficiales Del Río Coata, Afluente Del Lago Titicaca, Perú. *Revista Boliviana de Química*, p. 7.
- Gómez Duarte, O. G., 2018. Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. *Revista Facultad de Medicina*, pp. 7-8.
- Gonzales, G. F. y otros, 2014. Environmental pollution, climate variability and climate change: A review of health impacts on the Peruvian population. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, pp. 547-556.

- Marghoob, S. y otros, 2015. Arsenic levels from different land-use settings in Pakistan: Bio-accumulation and estimation of potential human health risk via dust exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 115(ISSN 0147-6513), pp. 187-194.
- Mayorga, . J. & Mayorga, O., 2015. Caracterización del agua de consumo en el sector Santa Rosa-La Hechicera (Mérida, Venezuela). *Revista INGENIERÍA UC*, pp. 106-112.
- Mejia Zamudio, F., Valenzuela García, J. & Aguayo Salinas, S., 2016. abrosción de arsénico con zeolita natural pretatada con óxidos de magnesio. *Revista internacional de contaminación ambiental*, Volumen 25, p. 2.
- MINAM, 2017. *El Peruano*. [En línea]
- Morales Cabrera, D., Avendaño Cáceres, E. & Zeballos Ramos, D., 2017. Arsénico total no deseado ante valores referenciales de ph en agua superficial, cuenca hidrográfica sama Tacna-Perú. *Investigación altoandina*, Volumen 19, p. 1.
- Morales Cabrera, D. y otros, 2017. Arsénico total no deseado ante valores referenciales de ph en agua superficial, cuenca hidrográfica sama, Región Tacna-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, pp. 305-312.
- OMS, 2011. *Guías para la calidad del agua de consumo humano..* Ginebra: WHO Graphics.
- Ormachea Muñoz, M. & Aguirre Quintanilla, J., 2014. Distribution of Geogenic Arsenic in Superficial and Underground Water in Central Bolivian Highlands. *Bolivian Journal of Chemistry*, pp. 54-60.
- Pineda Tapia, J., 2019. Determinación de las características físico químicas y microbiológicas de las aguas de las principales fuentes de consumo en la región Puno. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, pp. 71-80.
- Quispe Yana, R. F. y otros, 2019. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS: CROMO, CADMIO Y PLOMO EN LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES EN EL RÍO COATA, PERÚ.. *Revista Boliviana de Química*, pp. 83-90.
- Salas Mercado, D., Hermoza Gutiérrez, M. & Salas Ávila, D., 2020. Distribución De Metales Pesados Y Metaloides En Aguas Superficiales Y Sedimentos Del Río Crucero, Perú. *Revista Boliviana de Química*, pp. 185-193.
- Tarqui Mamani, C. y otros, 2016. Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Revista de Salud Publica*, pp. 904-912.
- Tarqui Mamani, C. y otros, 2016. Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú. *Rev. Salud Pública*, pp. 904-912.
- Trujillo, G. P. & Guerrero, A., 2015. Caracterización físico-química y bacteriológica del agua marina en la zona litoral costera de Huanchaco y Huanchaquito , Trujillo , Perú. *Rebiol*, pp. 23-33.
- Untiveros Lázaro, M., 2015.

Villena Chávez, J. A., 2018. Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Rev. Perú. med. exp. salud pública*, p. 5.