

04

Comportamiento del análisis físico, químico y microbiológico del agua en el Cantón Camilo Ponce Enríquez

Behavior of the physical, chemical and microbiological analysis of water in the Camilo Ponce Enríquez Canton

Mauricio Pavel Guanuche Granda¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1816-6014>

E-mail: mguanuche2@utmachala.edu.ec

Rigoberto Miguel García Batista¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

Irán Rodríguez Delgado¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

Alex German Gia Gadña²

E-mail: alex.gia@udc.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9277-7196>

¹Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

²Universidad da A Coruña, Galicia, España.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Guanuche Granda, M. P., García Batista, R. B., Rodríguez Delgado, I. y Gia Gadña, A. G. (2024). Comportamiento del análisis físico, químico y microbiológico del agua en el Cantón Camilo Ponce Enríquez. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 33-41. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El trabajo se realizó en el Cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay en Ecuador. El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas mediante técnicas de análisis de laboratorio del agua destinada para consumo humano. Para el trabajo, se empleó los informes técnicos de laboratorio del año 2023, de donde realizó la comparación de cada uno de los diferentes parámetros físico-químicos y microbiológicos: como color, conductividad, turbiedad, temperatura, pH, salinidad, resistibilidad, sólidos totales disueltos, arsénico, cloro, cobre, cromo, fluoruros, nitratos, nitritos, hierro, sulfatos; microbiológicos como coliformes fecales para de esta forma determinar si el agua está apta para su consumo. Los resultados que se tomaron en consideración son comparados con los valores de referencia. Una vez realizada la comparación, podemos decir que la mayoría de los parámetros físico-químicos cumplen con los valores de referencia para límites máximos permisibles en agua para consumo humano y el parámetro de color no cumple con los valores de referencia en cada una de las muestras analizadas (captación, planta de tratamiento y red domiciliaria). Uno de los factores por lo cual este parámetro se encuentra fuera de los rangos son las lluvias de manera permanentes en el cantón, las que pueden arrastrar sedimentos y esto hace que se vuelvan demasiado turbias y alteren su calidad. Además de eso, pueden ser que los componentes disueltos y suspendidos durante su recorrido afecten de manera directa.

Palabras clave:

Contaminación, Calidad de agua, Valores de referencia.

ABSTRACT

The study was carried out in the Camilo Ponce Enríquez canton, Azuay province, Ecuador. The study aimed to assess the behavior of physical, chemical and microbiological properties through laboratory analysis techniques of water intended for human consumption. For the work, the technical laboratory reports of the year 2023 were used to compare each of the different physical-chemical and microbiological parameters such as color, conductivity, turbidity, temperature, pH, salinity, resistibility, total dissolved solids, arsenic, chlorine, copper, chromium, fluorides, nitrates, nitrites, iron, sulfates; microbiological parameters such as fecal coliforms to determine if the water is suitable for consumption. The results taken into consideration are compared with the reference values. After the comparison, we can say that most of the physical-chemical parameters comply with the reference values for maximum permissible limits in water for human consumption and the color parameter does not comply with the reference values in each of the samples analyzed (catchment, treatment plant, and domestic network). One of the factors for which this parameter is out of range is the permanent rains in the canton, which can drag sediments and this makes the water become too turbid and alter its quality. In addition, dissolved and suspended components can directly impact the quality of the water.

Keywords:

Pollution, Water Quality, Reference Values.

Introducción

El desarrollo de las actividades mineras ha llevado a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, afectando drásticamente otras actividades como la agricultura o los sistemas de abastecimiento de agua potable (Jiménez-Oyola et al., 2021)heavy metal(loid).

Cortes et al. (2020) establecen que el agua es esencial para la vida humana, vegetal y animal; es fundamental para el desarrollo agrícola y la industria del país, ya que, su abundancia o escasez determina el potencial de producción de la zona, pero el hombre afecta los recursos y calidad del agua, pues a medida que la población se incrementa, la necesidad de abastecimiento del recurso vital es mayor.

Actualmente uno de los problemas más preocupantes a nivel mundial, esto se debe a la contaminación y la reducción de la disponibilidad de agua; ya que, al consumo de agua contaminada puede enfermar a las personas, entre las que se encuentran problemas estomacales, fiebre, malaria, etc. (Valdiviezo et al., 2021).

Se debe realizar monitorear continuamente las diversas fuentes a agua que utilizan las personas; con la finalidad de reconocer el factor de riesgo y la caracterización físico-químico y microbianas presentes en la fuente de sistema de agua potable, que pueden afectar a la salud humana de forma directa o indirecta (Gonzales et al., 2023).

Actualmente, el agua residente que recorren a través del sistema de conducción, son transportadas a través de tuberías dañadas y con grietas que filtran materias extrañas, que provoca gran cantidad de coliformes en este importante líquido.

Las características físicas, químicas y biológicas del agua determinan su calidad, y pueden ser modificadas por procesos naturales o antrópicos (Sánchez y Guangasig, 2023). Las fuentes de aguas superficiales constituyen eje fundamental del desarrollo de los seres humanos ya que permite el abastecimiento en las diferentes actividades socioeconómicas que se realizan en los asentamientos poblaciones, siendo sometidas a contaminación de sistemática (Custodio et al., 2020).

La calidad del agua es un indicador confiable para determinar la salud de la población, siendo que, en la mayoría de países en desarrollo, el riesgo sanitario en el agua es bastante marcado, asociado principalmente a un inadecuado saneamiento (Pineda et al., 2019)físico química y de metales (Ca, K, Fe, Mn, Mg. Por ello, es necesario evaluar la calidad del agua, especialmente cuando se destina al consumo humano.

La evaluación se realiza considerando la relación entre la calidad del agua y su impacto en la seguridad y potabilidad de los recursos hídricos en relación de las características física-química y biológica, con relación de las normas videntes ecuatorianas(Álava-Rosales et al., 2021). La

gestión en calidad del agua potable debe garantizar su seguridad y la prevención de enfermedades transmitidas a través del consumo del agua de dudosa procedencia o de mala calidad (Marlita y Taboada, 2021).

El acceso al agua potable es esencial para las necesidades humanas y fundamental para el desarrollo social. Sin embargo, la accesibilidad sigue siendo un desafío importante en los países desarrollados (Flores et al., 2019) la presencia de microorganismos patógenos es consecuencias de la contaminación del agua y favorecen la difusión de virus al ser humano, ya que la calidad líquido son afectados para el uso excesivo de químicos agrícolas y las aguas residuales domésticas (Bolaños, 2023).

La minería es una actividad importante para el desarrollo de la sociedad ecuatoriana, si no se implementa adecuadamente, esta actividad humana puede convertirse en una de las mayores fuentes de contaminación. La minería en el sector MAPE, es una e las mayores fuentes de ingreso ya que incrementan el 94% de la producción de oro del país; la mala gestión de residuos provoca la contaminación ambiental (Paz-Barzola et al., 2021).

El cantón Camilo Ponce Enríquez perteneciente a la provincia del Azuay, Ecuador, es un sector minero, con yacimientos metálicos que representa su actividad de mayor explotación, en el cual a medida que se incrementa la extracción de minerales se puede visualizar el deterioro y contaminación de los recursos naturales (aire, suelo y agua) en la zona.

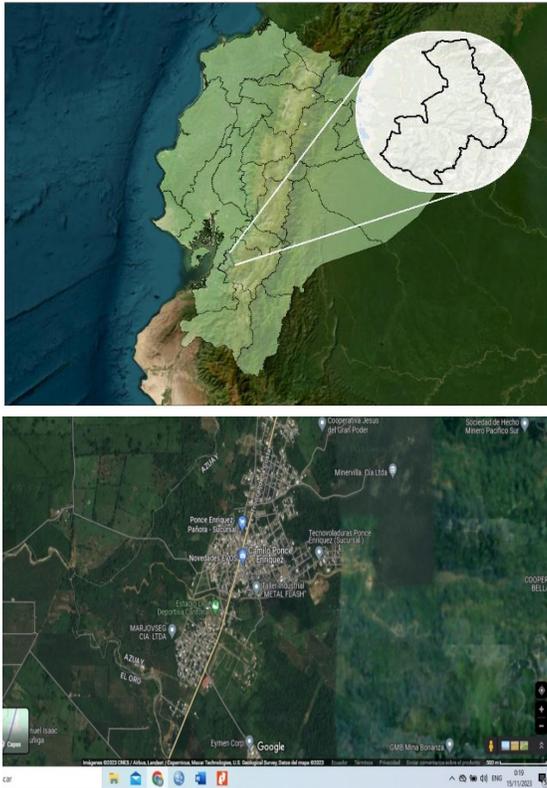
El cantón Camilo Ponce Enríquez es una de las regiones mineras de oro de gran importancia en Ecuador; el registro minero existe un total de 352 concesiones mineras (111 en pequeñas mineras, 233 en la minería artesanal y 8 en libre aprovechamiento); la contaminación en la zona se debe del mal manejo de los desechos mineros. La construcción del 60% de las plantas mineras no cumplen con los estándares de seguridad para garantizar la persistencia en física y químicas, generando diversas escenas de contaminación relacionados con daños a las plantas mineras y las descargas de relaves a los ríos(-Paz-Barzola et al., 2022).

El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento de las propiedades físico-químicas y microbiológicas mediante análisis en laboratorio del agua utilizada para consumo humano en el Cantón Camilo Ponce Enríquez.

Materiales y métodos

La investigación de tipo observacional, descriptiva y retrospectiva se realizó en el cantón Camilo Ponce Enríquez, ubicado en la región suroeste del Ecuador, provincia de Azuay, el cual cuenta con una superficie de 856 km² y tres cuencas principales: Gala (533 km²), Tenguel (176 km²), Siete (147 km²), además de otros afluentes menores que ocupan el 55,76% de la superficie (Parra, 2022) (Figura 1).

Fig. 1. Vista satelital del Cantón Camilo Ponce Enríquez, Provincia Azuay, Ecuador.



Fuente: Google Maps (2023).

Caracterización de la zona de estudio

El cantón Camilo Ponce Enríquez se encuentra ubicado a una altitud topográfica variable entre 43 y 3680 msnm. El clima es semihúmedo, con temperaturas que oscilan entre los 12 y 30°C (promedio 21,0°C) y precipitación anual entre 1219–1240 mm (promedio anual de 1229 mm), distribuidas en su mayoría entre los meses de enero y julio. La evapotranspiración se encuentra entre 695 y 1485 mm/año, con un promedio de 1090 mm/año (Campoverde-Muñoz et al., 2023). Las principales actividades que se desarrollan en la zona son la minería metálica y la agricultura. El área cuenta con varias plantas de procesamiento minero, incluidas las instalaciones de molienda, separación por gravedad y lixiviación con cianuro.

Recolección de datos

Los datos utilizados en el presente estudio fueron solicitados mediante oficio al Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del municipio Camilo Ponce Enríquez dirigido a la Alcaldía, donde se dispone de técnicos especializados que realizan la toma de muestras mensualmente, analizadas en el Laboratorio de calidad de agua del municipio. El procedimiento para la toma de muestras se realizó de acuerdo a las normas NTE 2169, 2176 y 2226 del Instituto Ecuatoriano de Normalización del Ecuador (INEN), etiquetadas y trasladadas al laboratorio municipal, del cual

se recibió la información en un archivo en formato Excel, correspondientes a los resultados del año 2023 en relación con las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua con las metodologías utilizadas para cada parámetro (Tabla 1) proveniente de tres puntos (Captación de agua cruda, Planta de tratamiento de aguas con gas cloro, Red domiciliaria) en los cuales se utiliza el recurso natural para consumo humano.

Tabla 1. Parámetros físicos, químicos y biológicos determinados en el agua y metodologías utilizadas para su determinación.

Parámetros	Unidad de medida	Metodología
Físicos		
Color	Pt-Co	Colorímetro DR300 HACH
Conductividad	µs/cm	Conductímetro
Turbiedad	NTU	Turbidímetro 2100N HACH
Temperatura	°C	Multiparámetro portátil HQ30D HACH
Químicos		
pH	pH	Multiparámetro portátil HQ30D HACH
Salinidad	PSU	Multiparámetro portátil HQ30D HACH
Resistividad	KΩ.cm	Multiparámetro portátil HQ30D HACH
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	Multiparámetro portátil HQ30D HACH
Arsénico	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Cloro	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Cobre	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Cromo	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Fluoruro	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Nitratos	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Nitritos	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Hierro	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Sulfatos	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Biológicos		
Coliformes fecales		Placas de recuento Escherichia coli (COMPACT DRY).

Fuente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua (2023).

Procesamiento de los datos

Con la finalidad de determinar la calidad de aguas utilizadas para consumo humano en diferentes puntos de muestreo (captación de agua cruda, planta de tratamiento de aguas y red domiciliaria) se realizó la descripción estadística de las propiedades físicas (color, conductividad eléctrica, turbiedad y temperatura), químicas (pH, salinidad, resistividad, STD, arsénico, cloro, cobre, cromo, fluoruro, nitratos, nitritos, hierro, y sulfatos) y biológicas (presencia y contenido de coliformes) mediante el cálculo de medidas de resumen de datos (media para las variables numéricas y frecuencias para las variables categóricas). La representación gráfica del comportamiento

de las variables objeto de estudio en cada punto de muestreo se realizó a través de gráficos de caja y sesgos agrupados.

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se muestran los resultados de las medias aritméticas obtenidas de los parámetros determinados en el Laboratorio de aguas del municipio del Cantón Camilo Ponce Enríquez determinadas en los puntos de muestros identificados (captación de agua cruda, planta de tratamiento de aguas y red domiciliaria), así como, los LMP establecidos por la norma TULSMA.

Tabla 2. Resumen estadístico de datos (promedio) en los parámetros de calidad de aguas analizados en los diferentes puntos de muestreo.

Parámetros de calidad de aguas	Captación de agua cruda	Planta de tratamiento de aguas	Red domiciliaria	LMP
	Promedio			
Propiedades físicas				
Color	19,25	12,75	207,50	15
Conductividad eléctrica (µs/cm)	55,00	56,34	233,66	400
Turbiedad (NTU)	3,00	2,40	0,36	100
Temperatura (°C)	18,18	18,90	25,80	Condición natural de +0 hasta -3
Propiedades químicas				
pH (unidades de pH)	8,14	7,89	7,90	6,5-8,0
Salinidad (PSU)	0,02	0,02	0,17	NN
Resistividad (KΩ.cm)	20,40	18,68	10,38	NN
STD (mg/l)	27,67	26,12	112,97	1000
Arsénico (mg/l)	0,01	0,01	0,03	0,05
Cloro (mg/l)	0	1,16	0,67	0,3-1,5
Cobre (mg/l)	0,02	0,03	0,03	1,0
Cromo (mg/l)	0,01	0,01	0,02	0,05
Fluoruro (mg/l)	0,05	0,08	0,11	1,5
Nitratos (mg/l)	0,36	0,40	0,73	10,0
Nitritos (mg/l)	0,00	0,00	0,00	1,0
Hierro (mg/l)	0,09	0,16	0,36	1,0
Sulfatos (mg/l)	0,00	0,00	23,66	400
Propiedades microbiológicas				
Presencia de coliformes	No	No	No	
Contenido de coliformes	N/A	Ausencia	Ausencia	

Fuente: Norma TULSMA (2020).

Nota. Límite máximo permisible (LMP). NN (se desconoce el LMP). N/A (no aplica).

Se determinó que la fuente de agua potable estudiada y utilizada para el consumo humano de la población Camilo Ponce Enríquez, desempeñan con los parámetros físico-químicos dentro de la norma TULSMA 2020, a

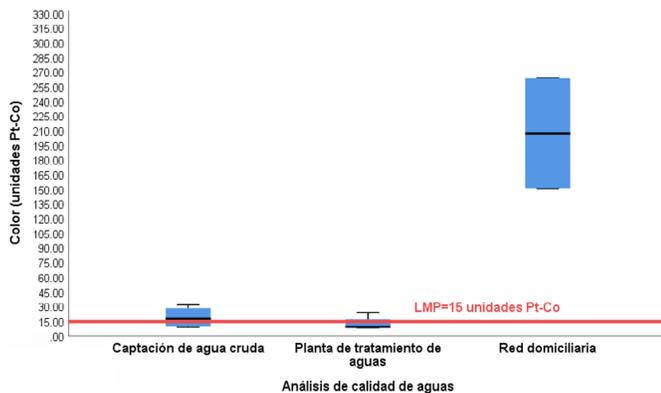
excepción de muestras referentes color, arsénico y cromo presentando aguas muestreadas que superan el límite máximo permisible.

Parámetros físico-químicos

Color

Los análisis de la variable color, manifestó el mayor valor en la red domiciliaria (207,50 Pt-Co) y captación de agua cruda (19,5 Pt-Co), superiores al límite máximo permisible (15 UTC) por la norma TULSMA (Figura 1); presentando una alta concentración del parámetro analizado, que puede estar asociados por el arrastre de sedimentos por la ocurrencia de precipitaciones, lo que puede provocar daños a los seres humanos a través de intoxicación, dolores estomacales y diarrea al momento de consumirlas.

Fig. 1. Comportamiento del color del agua en los diferentes puntos de muestreo.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en el presente trabajo en relación con el color del agua alcanzaron valores por encima de 15 Pt-Co (límite máximo permisible por la norma TULSMA), en la red domiciliaria (207,50 Pt-Co), superiores a lo obtenido por Benitez et al. (2016) en un estudio realizado en Maracaibo-Venezuela, alcanzándose valores de 12,33 Pt-Co, sin embargo, fueron similares a lo obtenido en la planta de tratamiento de aguas (12,75 Pt-Co) e inferiores al alcanzado en la captación de agua (19,25 Pt-Co).

Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

Los valores promedios de la conductividad eléctrica obtenidos fueron inferiores al límite máximo permisible (400 $\mu\text{s}/\text{cm}$) establecido por la norma TULSMA, alcanzándose en la red domiciliaria (233,50 $\mu\text{s}/\text{cm}$) y planta de tratamiento de aguas (56,34 $\mu\text{s}/\text{cm}$) y punto de captación de agua cruda (55,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$), condición que puede constituir un problema a futuro por las aguas contaminadas, al generarse pérdida de la flora y fauna; además al consumir estas aguas por los seres humanos se puede producir un sabor desagradable; asociados a la ocurrencia de precipitaciones.

La conductividad eléctrica, en el presente estudio, presentó valores por debajo del límite máximo permisible (400 $\mu\text{s}/\text{cm}$), en la red domiciliaria (233,50 $\mu\text{s}/\text{cm}$) fueron superiores a lo obtenido por Poma et al. (2023), en un estudio

realizado en Huancavelica-Perú, con el objetivo de evaluar los parámetros físicos-químicos y biológicos del agua, obtuvieron valores en 30 $\mu\text{s}/\text{cm}$, inferiores a la captación de agua cruda (55,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$); y menor a lo reportado por Pérez-López (2016) en la zona de San Ramón (159 $\mu\text{s}/\text{cm}$); evidenciándose que no presenta riesgo para la salud humana.

Turbiedad (NTU)

La variable de turbiedad presentó valores por debajo del límite máximo permisible (100 NTU), en la captación de agua (3,00 NTU), planta de tratamiento de aguas (2,40 NTU) y menor valor en red domiciliaria (0,36 NTU); al presentarse una alta concentración de turbiedad provocaría daños estomacales al ser humano, ya que la cloración no tendría efecto alguno; puede estar asociado por el arrastre de sedimentos dependiendo de las condiciones climáticas.

Los resultados de turbiedad presentaron valores inferiores al LMP (100 NTU), en la captación de agua cruda obtuvieron valores de 3,00 NTU inferiores a lo obtenido por Rosales et al. (2016), en un estudio en Maracaibo-Venezuela, alcanzaron valores de 1,4 NTU, y menor a lo reportado por Poma et al. (2023), quienes realizaron un estudio en Huancavelica-Perú, alcanzaron valores de 5,07 NTU.

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

Las variables de la temperatura presentaron valores que se encuentran dentro de los LMP aceptables, obtuvieron valores en la captación (18,18 $^{\circ}\text{C}$), planta de tratamiento de (18,25 $^{\circ}\text{C}$); red domiciliaria de (25,8 $^{\circ}\text{C}$); la temperatura del agua afecta a la cantidad de oxígeno que se encuentra en la misma; cuanto la temperatura es mínima hay mayor cantidad de oxígeno presente y por ende hay mayor presencia de vida acuática.

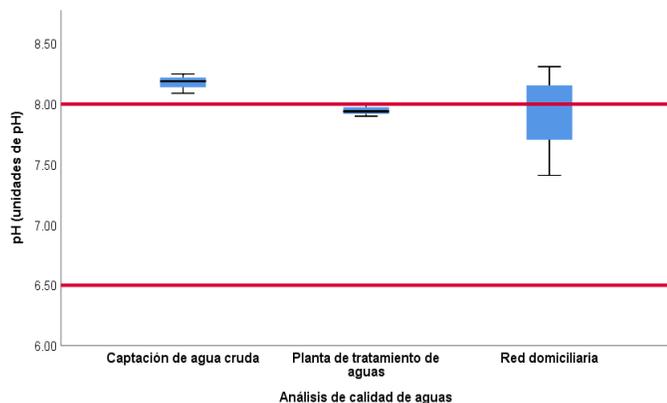
Los valores de las variables estudiadas de la captación, planta de tratamiento y red domiciliaria

son superiores a los de Méndez et al. (2010) donde anuncia que se debe preservar la muestra por debajo de los 10 $^{\circ}\text{C}$ para análisis microbiológicos y ser analizadas antes de las 6 horas para aguas no potables y 30 horas para aguas de consumo y procura retrasar los cambios derivados por agentes químicos, físicos o biológicos, que inevitablemente suceden una vez que se ha empañado en la muestra.

pH (unidades de pH)

Se observó que los valores del pH en la captación de agua (8,14) se encuentra por encima de los LMP (6,5-8,0), con menor valor en la planta de tratamiento (7,89), red domiciliaria (7,90); con la medición del pH nos ayuda a determinar si el agua es muy ácida o alcalina; si sus niveles de alcalinidad fueran demasiado altos el agua tendría un sabor desagradable (Figura 2).

Fig. 2. Comportamiento del pH del agua en los diferentes puntos de muestreo.



Fuente: Elaboración propia

Los valores de pH en la captación (8,14), fueron superiores a los de Mollocondo et al. (2018) en un estudio en Puno-Perú; donde el pH de las aguas desarrolladas se encuentra dentro del límite permisible de 6,8 y 8,1 con una probabilidad del 95% de confianza.

Salinidad

Se observaron que el mayor valor de salinidad es la red domiciliaria (0,17 PSU), al consumir estas aguas provocaría deshidratación y aumento del ritmo cardiaco al ser humano; el menor valor en la captación de agua y planta de tratamiento de aguas con un valor de 0,02 SPU; puede estar asociadas por las actividades antropogénicas

Los resultados de la variable estudiada presentaron mayor valor en red domiciliaria (0,17 PSU) superiores a Díaz (2019) quién presentó un estudio en San Bernardino; obtuvieron valores de 0,05 PDU; evidenciándose que posee una salinidad en agua dulce, indicando que es aceptable para el consumo humano.

Resistividad

La variable resistividad obtuvieron un mayor valor en captación de agua (20,40 KΩ.cm) y menor valor en la red domiciliaria (10,38 KΩ.cm).

muestra los resultados obtenidos en los 29 VES paramétricos y el análisis de las muestras de agua subterránea. muestra una función lineal directamente proporcional entre la resistividad de la capa saturada (R_o) y la resistividad del agua subterránea (R_w); A medida que aumenta la resistividad del agua de los poros, también aumenta la resistividad de la formación. El valor del coeficiente de correlación lineal (R) es superior a 0,9,

STD

Las variables de los sólidos totales disueltos presentaron valores por debajo de los límites máximos permisible (1000 mg/l), indicando que la red domicilia obtuvo un valor de (112,97 mg/l), seguido por la captación de agua

cruda (27,67 mg/l) y menor valor en la planta de tratamiento de agua (26,12 mg/l); cuando presenten altos valores tendría un sabor al momento de beber estas aguas.

Los resultados de los STD se encuentran por debajo de los LMP (1000 mg/l), en red domiciliaria (112,97 mg/l) fueron superiores a los obtenidos por Poma et. al (2023) quienes obtuvieron valores promedio de 111,18 mg/l.

Arsénico

Se observaron que los valores del arsénico, son inferiores al LMP (0,05 mg/l) de la norma TULSMAN, obtuvieron valores en red domicilia (0,03 mg/l) captación y planta de tratamiento de agua (0,01 mg/l); es uno de los metales pesado que se presentan en trabajos de tipo industrial que realiza el hombre, afectaría a todo el entorno que estamos rodeados como la vida humana, animal y vegetal si sobrepasan los valores de los LMP.

Los resultados del arsénico, presento valores por debajo de los límites máximos permisibles (0,05mg/l), en red domiciliaria (0,03 mg/l) fueron inferiores a lo obtenido por Sanz et. al (2001), en un estudio que se realizado en Madrid, que obtuvieron un valor de 12,7 mg/l; en altas concentraciones causaría problemas a la salud humana, ocasionando hipertensión y efectos respiratorios al ingerir estas aguas contaminadas.

Cloro

Se observaron que los valores de las variables del cloro se encuentran dentro de los LMP (0,3-1,5 mg/l), obtuvieron valores en la planta de tratamiento de (1,16 mg/l), seguido por la red domiciliaria de (0,67 mg/l), la cloración es un método que se utiliza para prevenir las enfermedades como le colera, disentería y tifoidea.

Los resultados del cloro presentaron valores dentro de los LMP (0,3-1,5 mg/l), obtuvieron valores en la planta de tratamiento de (1,16 mg/l), fueron superiores a lo obtenido por Bendezu-Quispe et al. (2018), en un estudio realizado en Lima Metropolitana.

Cobre

Los valores de cobre se encuentran por debajo del límite permisible (1,0 mg/l), indicando que en la red domiciliaria y planta de tratamiento de agua obtuvieron un valor de 0,03 mg/l y menor valor en captación de agua cruda (0,0 mg/l), no presenta riesgos para la salud humana.

Los resultados de cobre alcanzaron valores en por debajo del LMP, en planta de tratamiento de aguas (0,03 mg/l) inferiores a Brousett-Minaya et al. (2021) en un estudio realizado en Perú, alcanzaron valores en 0,09 mg/l, respectivamente.

Cromo

Los valores de cromo son inferiores al límite máximo permisible, el mayor valor es la red domiciliaria (0,02 mg/l), seguido por la captación de agua y planta de

tratamiento de aguas (0,01 mg/l); ya que en exceso puede ocasionar irritación de los ojos y garganta al consumir aguas contaminadas.

Los resultados alcanzados del cromo obtuvieron un mayor valor en red domiciliaria (0,02 mg/l), inferiores a lo obtenido por Silva et al. (2022) en estudio realizado en Tungurahua, alcanzaron valores de 0,5 mg/l superiores a la captación de agua cruda (0,01 mg/l).

Fluoruro

La variable de fluoruro es inferior al límite permisible de la TULSMA (1,5 mg/l), el mayor valor en la red domiciliaria (0,11 mg/l) y menor valor en la captación de agua (0,05 mg/l); al tener una concentración elevada de fluoruro puede causar fluorosis, que afecta los dientes y los huesos al ser humano.

Los resultados de fluoruro presentaron mayores valores en la red domiciliaria (0,11 mg/l) superiores a González (2017), en un estudio realizado Chile que obtuvieron valores de 0,6 mg/l inferiores a la captación de agua cruda (0,05 mg/l).

Nitratos

Los valores de nitratos en la red domiciliaria obtuvieron un valor de 0,73 mg/l y la captación de agua cruda alcanzaron un menor valor de 0,36 mg/l, inferiores al límite máximo permisible (10,0 mg/l); ya que en altas concentraciones causaría problemas a la salud humana como dolor estomacales y diabetes, estos residuos son arrastrados en el agua y afectando a la población.

La variable de nitratos presenta un mayor valor en la red domiciliaria (0,73 mg/l) inferiores a lo obtenido por Palma et al. (2014), quienes realizaron un estudio en México, que obtuvieron valores de 10 mg/l se encuentran al límite del rango permisible; ya que al encontrarse por encima del LMP, provocaría una afectación a la sangre en los niños provocándole que no llegue suficiente oxígeno para los tejidos.

Nitritos

Los valores de nitritos son inferiores al límite máximo permisible (1,0 mg/l) de la norma TULSMA, obteniendo los valores de 0,0 mg/l en la captación de agua, planta de tratamiento de aguas y la red domiciliaria; en concentraciones elevadas indican contaminación industrial, por explotaciones ganaderas y principalmente empleo de fertilizantes nitrogenados por riego en sábana, cultivo intensivo y cultivo de invernaderos.

Los resultados del nitrito presentaron valores de 0,0 en captación de agua cruda inferior a Segura-Araya et al. (2017) quienes realizaron un estudio para la Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua en Costa Rica, alcanzaron de 2,85 mg/l; en exceso de nitritos causarían enfermedades como metahemoglobinemia a las personas de ingerir estas aguas, ya que se considera tóxico para el ser humano.

Hierro

La variable del hierro los valores se encuentran por debajo del LMP (1,0 mg/l) de la norma TULSMA; indicando que la red domiciliaria alcanzó un valor de 0,36 mg/l, seguido en la planta de tratamiento de agua (0,16 mg/l) y el menor valor en la captación de agua (0,09 mg/l); en exceso de hierro el organismo puede provocar enfermedades hepáticas además problemas del corazón y provocar la muerte.

Los resultados del hierro el mayor valor se obtuvo en la red domiciliaria (0,36 mg/l) inferior a Baque-Mite et al. (2016) provincia de Los Ríos, Ecuador. Se evaluaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en nueve estaciones de bombeo del EPMAAQ, en épocas lluviosa y seca. Se compararon los resultados obtenidos con los valores de referencia establecidos en las normativas (Acuerdo ministerial N° 097 Norma INEN 1108, TULSMA, EPA y OMS) quienes realizaron un estudio en la calidad del agua destinada para consumo humano en el cantón Quevedo; alcanzaron los valores en época lluviosa (0,413 mg/l) y época seca (0,835 mg/l) valores que se encuentra por debajo del límite máximo permisible (1,0 mg/l).

Sulfatos (mg/l)

Podemos observar que el sulfato el valor es la red domiciliaria (23,66 mg/l) inferiores al límite máximo permisible (400 mg/l) de la norma TULSMA; un exceso de la cantidad de sulfatos en el agua no es nocivo para la salud solo provocando unas pequeñas molestias intestinales; el menor valor del sulfato es la captación de agua cruda y la planta de tratamiento de aguas (0,0 mg/l).

Los resultados del sulfato el mayor valor es la red domiciliaria (23,66 mg/l) superior a Bolaños-Alfaro et al. (2017) quienes realizaron los muestreos y análisis de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos para determinar si hay contaminación en el agua potable de los cantones de Alajuela (Costa Rica); alcanzaron valores de 3,8 mg/l inferiores al límite máximo permisible (400 mg/l).

Conclusiones

Se determinó que la fuente de agua potable utilizada para el consumo humano de la población del cantón Camilo Ponce Enríquez, cumple con los parámetros físico-químicos establecidos por la norma TULSMA 2020, a excepción del color y pH, cuyos valores superan el límite máximo permisible, evidenciándose la necesidad de establecer acciones y mecanismos que posibiliten disminuir las posibles afectaciones a la salud de los consumidores. Los parámetros microbiológicos en el agua no cumplen con la normativa, encontrándose valores muy altos en contaminación por *Escherichia coli* total, por ello, se recomienda desinfectar el depósito de agua a tiempo para evitar la contaminación en el camino, garantizar la seguridad del producto final, prevenir factores de riesgo para la salud y promover y proteger la salud humana.

Referencias bibliográficas

- Álava-Rosales, L. M., Marin-Álvarez, L. S., & Gallo-Ibañez, N. C. (2021). Evaluation of the quality of water for human consumption in the lower basin of the Lelia river (Santo Domingo de los Tsachilas -Ecuador). *Dominio De Las Ciencias*, 7(4), 625–648. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383784>
- Aragonés Sanz, N., Palacios Diez, M., Avello de Miguel, A., Gómez Rodríguez, P., Martínez Cortés, M., & Rodríguez Bernabeu, M. J. (2001). Nivel de arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la comunidad de Madrid. *Revista Espanola de Salud Publica*, 75(5), 421–432. <https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v75n5/a03v75n5.pdf>
- Baque-Mite, R., Simba-Ochoa, L., González-Ozorio, B., Suatunce, P., Díaz-Ocampo, E., & Cadme-Arevalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Revista Ciencia Unemi*, 9(20), 109–117. <https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663826015.pdf>
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). 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*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Bolaños-Alfaro, J. D. (2023). Calidad del agua superficial y sus implicaciones con el agua potable en Las Brisas de Zarcerro. *InterSedes*, 24(49), 196–215. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/is/v24n49/2215-2458-is-24-49-196.pdf>
- Campoverde-Muñoz, P., Aguilar-Salas, L., Romero-Crespo, P., Valverde-Armas, P. E., Villamar-Marazita, K., Jiménez-Oyola, S., & Garcés-León, D. (2023). Risk Assessment of Groundwater Contamination in the Gala, Tenguel, and Siete River Basins, Ponce Enriquez Mining Area—Ecuador. *Sustainability (Switzerland)*, 15, 1–14. <https://doi.org/10.3390/su15010403>
- Cortés, M., Peña, M., & Calderón, M. (2020). Comportamiento Del Índice De Riesgo De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano Comprendido Entre El Período. *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, 7, 36–49. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/fnsp/article/view/328946/20791653>
- Custodio, M., Álvarez, D., Cuadrado, W., Montalvo, R., & Ochoa, S. (2020). Potentially toxic metals and metalloids in surface water intended for human consumption and other uses in the Mantaro River watershed, Peru. *Soil and Water Research*, 15(4), 237–245. <https://doi.org/10.17221/152/2019-SWR>
- Flores, H; León, F; García, V; Gilabert, G., & 1. (2019). Evaluación físico, químico y microbiológico de las aguas del río Nanay a orillas de la comunidad de Nina Rumi. *Revista Ciencia y Tecnología*. 15(1), 113–122. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2341/2227>
- Gelvez, D., Rivera, M., & Solano, F. (2020). Analisis Estadístico De Parámetros Hidrometeorológicos, Físicoquímicos Y Microbiológicos Incidentes En La Calidad De La Quebrada Monteadentro. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, 2, 1–8. <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2020.872>
- Gonzales, W., Acharte, L., Poma, J., Sánchez, V., Quispe, F., & Meseguer, R. (2023). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 25(1), 23–31. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.486>
- Jiménez-Oyola, S., Chavez, E., García-Martínez, M.-J., Ortega, M. F., Bolonio, D., Guzmán-Martínez, F., García-Garizabal, I., & Romero, P. (2021). Probabilistic multi-pathway human health risk assessment due to heavy metal(loid)s in a traditional gold mining area in Ecuador. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 224, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112629>
- Marlita, L., & Taboada, M. (2021). Análisis microbiológico del agua para consumo humano de la población del centro poblado pachapiriana, distrito de chontalí, provincia de Jaén– 2019. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 13750–13766. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1355
- Parra, H. (2022). Impactos de la Actividad Minera en el Cantón Ponce Enríquez, Provincia del Azuay, 2010-2020. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 2(3), 906–919. <https://doi.org/10.18502/esepoch.v2i3.11589>
- Paz-Barzola, D., & Escobar-Segovia, K; Garcés-León, D; Altamirano, D. (2021). *Geochemical and Environmental Assessment of Heavy Metals in the Gulf of Guayaquil 2019-2021 Evaluación Geoquímica y Ambiental de metales pesados en el Golfo de Guayaquil 2019-2021*. 1–8. https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/papers/Contribution_503_a.pdf
- Paz-Barzola, D., & Escobar-Segovia, K; Jiménez-Oyola, S. (2022). Evaluación de la calidad del suelo en núcleos poblados cercanos a la zona minera aurífera de Ponce Enríquez. *Evaluación de La Calidad Del Suelo En Núcleos Poblados Cercanos a La Zona Minera Aurífera de Ponce Enríquez*, 13(4), 29–38. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.811>

- Pineda, J., Coaquira, D., Coaquira, L., De la Cruz, D., & Jara, M. (2019). Determinación de las características físico químicas y microbiológicas de las aguas de las principales fuentes de consumo en la región Puno. In *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica* (Vol. 1, Issue 4, pp. 71–80). <https://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/62>
- Sánchez, S. A; Guangasig, V. H. (2023). Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano : La realidad en el Ecuador Microbiological Quality of Water for Human Consumption : The reality Resumen. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 1389. <https://orcid.org/0000-0001-6469-8661>
- Valdiviezo, L., García, F., Cabello, R., Castañeda, C., & Alfaro, E. (2021). Scientometric study of drinking water treatments technologies: Present and future challenges. *Cogent Engineering*, 8(1), 1–38. <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1929046>