



**Ciencia Latina**  
Internacional

---

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,  
Volumen 8, Número 5.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5)

**COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA  
SUBTERRÁNEA Y SUPERFICIAL MEDIANTE LA  
PRESENCIA DE METALES PESADOS EN LA  
PARROQUIA JUAN MONTALVO CANTÓN LATACUNGA  
PROVINCIA COTOPAXI-ECUADOR**

COMPARISON OF THE QUALITY OF GROUNDWATER AND  
SURFACE WATER THROUGH THE PRESENCE OF HEAVY METALS  
IN THE JUAN MONTALVO PARISH CANTÓN LATACUNGA  
PROVINCE COTOPAXI-ECUADOR

**José A. Calvopiña Beltrán**

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

**Jonathan Satuquinga**

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.13903](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13903)

## Comparación de la Calidad del Agua Subterránea y Superficial Mediante la Presencia de Metales Pesados en la Parroquia Juan Montalvo Cantón Latacunga Provincia Cotopaxi-Ecuador

**José A. Calvopiña Beltrán<sup>1</sup>**[ja.calvopinab@uea.edu.ec](mailto:ja.calvopinab@uea.edu.ec)<https://orcid.org/0009-0007-2097-2359>Universidad Estatal Amazónica  
Puyo-Ecuador**Jonathan Satuquinga**[jp.satuquingas@uea.edu.ec](mailto:jp.satuquingas@uea.edu.ec)<https://orcid.org/0009-0000-0196-9401>Universidad Estatal Amazónica  
Puyo-Ecuador

### RESUMEN

El presente trabajo se ha desarrollado mediante el objetivo de comparar y evaluar la calidad de agua de dos fuentes, una subterránea y una superficial que se encuentran ubicada en la Parroquia Juan Montalvo, provincia de Cotopaxi, se realizó la comparación y verificación del cumplimiento según la normativa ambiental: AM 097-A:2015 y la norma INEN 1108:2020 para agua de consumo humano. El estudio se desarrolló utilizando la metodología descriptiva y comparativa, mediante un enfoque cuantitativo de diseño no experimental transversal. Para ello, las muestras fueron recolectadas de forma directa del pozo profundo sin que el agua tenga contacto alguno con la parte superficial del suelo, y la muestra del agua superficial directamente de un grifo, mismas que fueron analizadas mediante el método estándar en los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica. Se evaluaron parámetros de metales pesados. Se determinó que las dos fuentes se encuentran con niveles de metales pesados sobrepasando los límites permisibles establecidos en la normativa para aguas de consumo humano. Los metales analizados fueron: cadmio, cobre, hierro, níquel, plomo y zinc, de los cuales el Cu y Fe cumplieron con los límites permisibles establecidos, no obstante, la concentración de Cd, Ni y Pb sobrepasaron al criterio de calidad aceptado. De acuerdo con los resultados obtenidos y a la recopilación de información en fuentes bibliográficas, se determinó que la contaminación de estas fuentes hídricas puede estar relacionada a las actividades antropogénicas, ya que se encuentra en zonas formación volcánica ya que se encuentra en las cercanías del volcán Cotopaxi y del volcán Chalupas, como también de las escorrentías provenientes de los páramos orientales de la parroquia Juan Montalvo.

**Palabras Clave:** aguas subterráneas, metales pesados, criterios de calidad, pozo profundo

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [ja.calvopinab@uea.edu.ec](mailto:ja.calvopinab@uea.edu.ec)

# Comparison of the Quality of Groundwater and Surface Water Through the Presence of Heavy Metals in the Juan Montalvo parish Cantón Latacunga Province Cotopaxi-Ecuador

## ABSTRACT

This work has been developed with the objective of comparing and evaluating the water quality of two sources, one underground and one surface, located in the Juan Montalvo Parish, Cotopaxi province. A comparison and verification of compliance was carried out according to the environmental regulations: AM 097-A: 2015 and the INEN 1108: 2020 standard for water for human consumption. The study was developed using the descriptive and comparative methodology, through a quantitative approach of non-experimental cross-sectional design. For this, the samples were collected directly from the deep well without the water having any contact with the surface part of the soil, and the surface water sample directly from a tap, which were analyzed using the standard method in the laboratories of the Amazon State University. Heavy metal parameters were evaluated. It was determined that both sources have heavy metal levels exceeding the permissible limits established in the regulations for water for human consumption. The metals analyzed were: cadmium, copper, iron, nickel, lead and zinc, of which Cu and Fe met the established permissible limits, however, the concentration of Cd, Ni and Pb exceeded the accepted quality criteria. According to the results obtained and the collection of information in bibliographic sources, it was determined that the contamination of these water sources may be related to anthropogenic activities, since it is located in volcanic formation areas since it is located near the Cotopaxi volcano and the Chalupas volcano, as well as the runoff from the eastern moors of the Juan Montalvo parish.

**Keywords:** groundwater, heavy metals, quality criteria, deep well

*Artículo recibido 25 agosto 2024*

*Aceptado para publicación: 15 septiembre 2024*



## INTRODUCCIÓN

El agua es un derecho fundamental de la humanidad, ya que representa un elemento para el desarrollo sostenible que integra al hombre con el ambiente, cuando hablamos de aguas tenemos dos fuentes principales que son las aguas superficiales y subterráneas, como menciona (Cerón et al. 2021), El agua subterránea representa el 98% del agua dulce no congelada disponible como fuente de abastecimiento para múltiples usos dependiendo de sus características fisicoquímicas y biológicas.

Según (Avilés & García 2022) Los ríos, lagos, lagunas, humedales, nevados, glaciares, acuíferos, manantiales o nacientes naturales son recursos hídricos que brotan a la superficie para uso y aprovechamiento del ser humano, que geomorfológicamente conforman las cuencas hidrográficas y desembocaduras de humedales marinos costeros, aguas costeras y aguas procedentes de la desalinización de agua de mar, se consideran parte integrante del dominio hídrico público.

El agua en el Ecuador desde hace varias décadas atrás, viene siendo un grave problema debido a la escasez y a la contaminación de las aguas superficiales y en sí al aumento mismo de la población, y a la par el aumento de la demanda de las aguas subterráneas mediante pozos profundos, por tal razón varios poblados y juntas de agua, se han unido con la finalidad de buscar las alternativas de obtener este líquido vital para el desarrollo socioeconómico y de la vida misma, mediante la perforación de pozos profundos, para (Avilés et al. 2022)

Las aguas subterráneas principalmente son la fuente de abastecimiento de agua potable para diversas regiones y países a nivel mundial por su disponibilidad y cantidad; pero estas tienden a alterarse de forma natural en su calidad al estar en contacto con rocas y cuerpos de aguas salino; así también con diversas trazas de compuestos químicos, (Azpilcueta, et al. 2017) manifiesta que es común que el agua extraída de pozos a más de 200 m de profundidad, contengan nutrientes, pero también contaminantes.

La remoción y el deslizamiento de grandes cantidades de suelo pueden contener metales pesados, considerados como contaminantes químicos cuando se encuentran en altas concentraciones en cualquier cuerpo de agua sea superficial o subterránea (Salas-Ávila et al. 2021) por sus características de formación hidrogeológicas las aguas subterráneas en relación a las aguas superficiales presentan

menor porcentaje de contaminación biológica, no así por metales pesados ya que estos se encuentran presentes en las aguas y pueden ocasionar daños a la salud de los humanos como ambiental.

Los metales pesados suponen una preocupación importante en Salud Pública por su toxicidad aguda y crónica y por la amplia variedad de fuentes de exposición. Entre los metales que generan preocupación por su exposición ambiental, vía alimentaria principalmente, se encuentran el plomo, el cromo, el cadmio y el mercurio, dichos elementos están presentes en las aguas (Zubero Oleagoitia et al. 2008).

La provincia de Cotopaxi tiene sus fuentes de recarga para el abastecimiento de aguas subterráneas y superficiales siendo uno de los más importantes que es de los deshielos e infiltraciones del volcán Cotopaxi, como también de las precipitaciones en las partes altas y medias de los páramos de la cordillera oriental. (GAD Municipal del Cantón Latacunga2020).

La parroquia Juna Montalvo se encuentra ubicada al nororiente de la cabecera cantonal de Latacunga con una extensión de 19 mil hectáreas aproximadamente, dividida en dos zonas, urbano y rural, la parroquia cuenta con tres fuentes de agua que abastecen del líquido a los habitantes de la misma como también a los habitantes de la ciudad de Latacunga.

Una de las fuentes que abastece de agua cruda es captada desde, las lagunas de Pishcacochoa y Salayambo, incrementando con aguas provenientes de las acequias de Retamales, Ashpacocha y Dragones, este conjunto de lagunas que cumplen una función como un reservorio (Puente 2017), desde la laguna Salayambo, nace el río Illuchi, el cual llega a la toma construida por la Empresa Eléctrica Cotopaxi, para ser conducida por canales abiertos en una longitud de 30 km, hasta los presedimentadores de la Central Hidroeléctrica Illuchi No1., en donde se homogeniza, luego es conducida 2 km mediante canal, hasta la Central Hidroeléctrica Illuchi No2., en el canal de desfogue de la Central Hidroeléctrica Illuchi N°2., se capta el agua cruda, para el sistema de agua potable de la ciudad de Latacunga. (Ibarra and Carrillo 2018)

Durante el recorrido del agua mediante tubería a la planta de potabilización Alcoceres, existen válvulas de desfogue de aire, mismas que son aprovechadas para dotar de agua cruda a algunos barrios, caso específico para el barrio Loco Santa Marianita, donde los moradores aprovechan de este líquido para consumo doméstico y abrevadero, sitio donde se realizó la toma de muestra para ser

analizado y comparado la concentración de metales pesados con el agua del pozo profundo que se encuentra ubicado en el mismo sitio, de este último al agua es utilizada para riego.

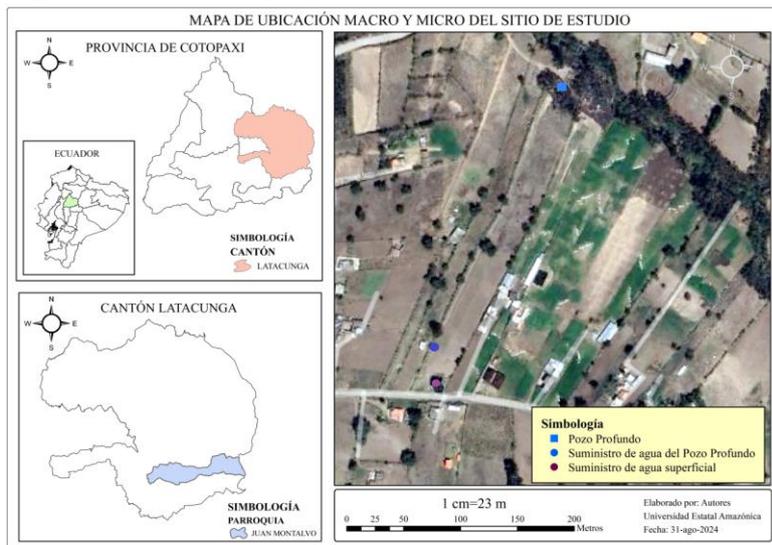
## METODOLOGÍA

### Ubicación geográfica

El Pozo profundo se ubica al noroeste de la ciudad de Latacunga y le pertenece a la junta de riego Saltiawuayku. Este pozo se utiliza para el riego de aproximadamente 30 ha de terreno, proporcionando un caudal de 10 L/s el cual abastece a 31 socios.

La llave del suministro de agua que es utilizada para consumo humano desde hace varios años se localiza aproximadamente a 320 metros al sur de la ubicación del pozo profundo. El agua proviene de fuentes superficiales desde la laguna de Salayambo. En la Figura 1 se presenta la ubicación geográfica del Pozo profundo y las llaves de suministro de agua.

**Figura 1** | Ubicación geográfica del área de estudio



### Métodos de investigación

Para este estudio, se optó por un diseño de investigación descriptivo y comparativo de diseño no experimental transversal con un enfoque cuantitativo. Sanca (2011) indica que la investigación descriptiva facilita el análisis e interpretación de los hechos que está relacionada con tema de estudio. Por otro lado, Acosta (2023) menciona que el enfoque cuantitativo es el apropiado para obtener los resultados en valores numéricos, siendo esencial en este caso para determinar la concentración de metales pesados en las fuentes hídricas analizadas. Además, Huairé (2019) señala que el diseño no

experimental transversal permite observar y medir las variables sin ninguna manipulación, en un solo momento en el tiempo.

## Materiales

**Tabla 1** | Materiales usados en la investigación.

Tipo de materiales usados		
Recursos humanos	Materiales	Insumos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsables del muestreo</li> <li>• Técnicos de laboratorio de estudios ambientales del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica CEIPA,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS</li> <li>• Botellas PET de 1 litro.</li> <li>• Contenedor térmico</li> <li>• Hielos en gel</li> <li>• Etiquetas</li> <li>• Bolígrafos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Referencias Bibliográficas (Páginas web, Tesis, Artículos científicos, etc.)</li> <li>• Informes de resultados de laboratorio de los análisis de las muestras de agua.</li> <li>• Computadora</li> <li>• Programa Excel</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

## Procedimiento

### Selección del sitio de muestreo

Para este estudio de comparación de calidad de agua entre fuentes de agua subterránea y superficial, se tomó como referencia el agua que proviene de un pozo profundo, y otra que proviene de fuentes superficiales, las muestras fueron tomadas en las llaves de suministro de cada una.

**Tabla 2** | Coordenadas geográficas UTM-Zona 17S de los sitios de muestreo.

Fuente	X (este)	Y (norte)
Agua subterránea	770281	9897809
Agua superficial	770277	9897845

Fuente: Elaboración propia.

### Recolección de las muestras

La recolección de muestras de agua se realizó en cada una de las fuentes identificadas, utilizando botellas PET de un litro. Tras el muestreo, los recipientes fueron debidamente rotulados, sellados y almacenados en un contenedor térmico con hielos en gel para preservar la temperatura adecuada durante el transporte. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Estudios Ambientales del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA), donde se llevaron a cabo los análisis correspondientes.

### Técnicas utilizadas para el análisis de metales pesados

El análisis de metales pesados se realizó en el laboratorio de estudios ambientales del Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica CEIPA, las técnicas utilizadas se detallan en la Tabla 3.

En cada muestra se aplicaron dos réplicas de análisis para cada uno de los metales.

**Tabla 3** | Técnica aplicada para analizar la presencia de metales.

Metales	Unidades	Técnica de análisis
Cadmio	mg/L	Standard Methods (3500-Cd B)
Cobre	mg/L	Standard Methods (3500-Cu B)
Hierro	mg/L	Standard Methods (3500-Fe B)
Níquel	mg/L	Standard Methods (3500-Ni B)
Plomo	mg/L	Standard Methods (3500-Pb B)
Zinc	mg/L	Standard Methods (3500-Zn B)

Fuente: Elaboración propia.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 4 se describen los resultados del análisis de metales en cada una de las fuentes de agua. Cevallos, Luaces y Cuello (2023) destacan la importancia de realizar análisis de metales especialmente en el agua destinada al consumo humano, ya que la peligrosidad de estos es muy elevada al ser sustancias que persisten en el ambiente y no se pueden degradar de manera química ni biológica.

**Tabla 4** | Resultados de los análisis de metales pesados

Metales	Unidades	Fuentes	
		Agua subterránea	Agua superficial
Cadmio	mg/L	0,337	0,367
Cobre	mg/L	0,255	0,302
Hierro	mg/L	0,384	21,46
Níquel	mg/L	0,182	0,218
Plomo	mg/L	0,629	0,680
Zinc	mg/L	0,726	0,615

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos de la concentración de metales en ambas fuentes de agua comparados con los criterios de calidad del TULSMA AM 097-A:2015 y la norma INEN 1108:2020 para agua de consumo humano y doméstico.

**Tabla 5** | Comparación de los resultados obtenidos con los criterios de calidad.

Metales	Expresado como	Unidades	AM 097-A:2015	INEN 1108:2020	Fuentes	
					Agua subterránea	Agua superficial
Cadmio	Cd	mg/L	0,02	0,003	0,337	0,367
Cobre	Cu	mg/L	2	2	0,255	0,302
Hierro	Fe	mg/L	1,0	No aplica	0,384	21,46
Níquel	Ni	mg/L	No aplica	0,07	0,182	0,218
Plomo	Pb	mg/L	0,01	0,01	0,629	0,680

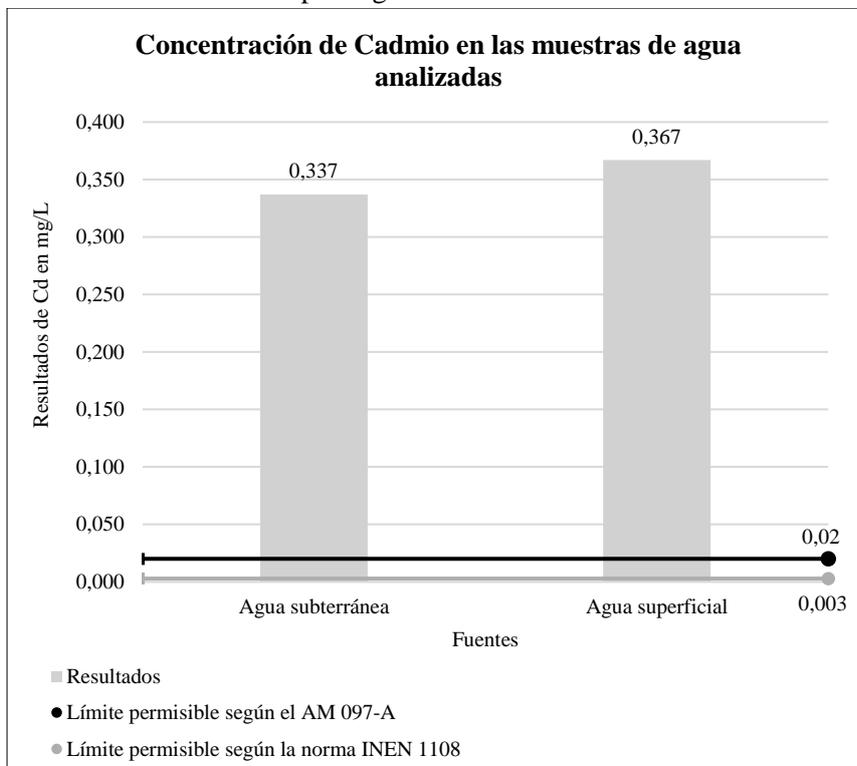
Fuente: Ministerio del Ambiente del Ecuador (2015); Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 (2020).

La Figura 2 presenta la comparación de las concentraciones de cadmio en las dos fuentes de agua, subterránea y superficial con los límites permitidos de acuerdo con el (TULSMA) AM 097-A:2015 con un límite de (0,02 mg/L) y la norma INEN 1108:2020 con un límite de (0,003 mg/L), siendo este el más estricto en lo que respecta a este parámetro de calidad. El análisis revela que las concentraciones de cadmio superan significativamente los valores establecidos para agua de consumo humano. El resultado obtenido de la concentración de cadmio en las muestras de agua subterránea es de (0,337 mg/L), mientras que la del agua superficial es de (3,67 mg/L), no se observa una variación significativa entre cada una de las muestras analizadas. De acuerdo con los estudios realizados por Castillo, Barrezuela y Arbito (2019), sobre calidad de agua en fuentes subterráneas en la provincia del El Oro, se demostraron que los niveles de cadmio en los 10 pozos de agua donde se realizó el muestreo no sobrepasaron los límites de calidad ya que las concentraciones obtenidas correspondieron a 0,0008 mg/L, demostrando una gran diferencia a lo hallado en el pozo profundo de la parroquia Juan Montalvo. Se estima que esta diferencia puede ser ocasionada por la geología del terreno, el tipo de suelo o contaminación por actividades antrópicas.

En contraste a ello, Mero et al. (2019) realizaron estudios en aguas superficiales del río Guayas, donde se evidenciaron concentraciones de cadmio con una media de 0,028 mg/L, aunque tampoco cumple con los criterios de calidad, el valor obtenido a comparación de la fuente de agua superficial en la

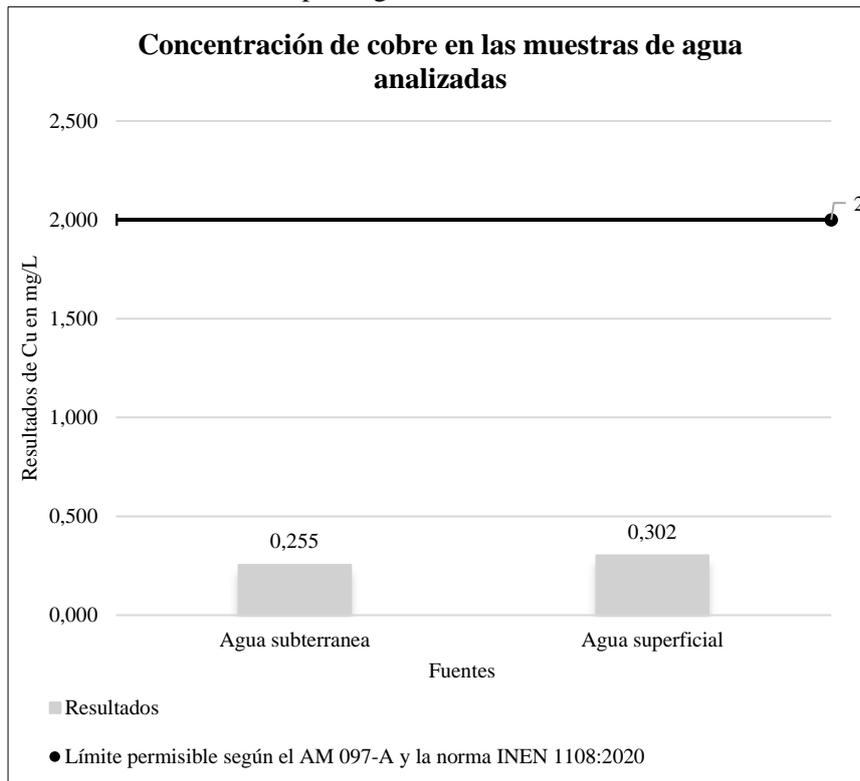
parroquia Juan Montalvo es significativa ya que se obtuvo un valor de (0,367 mg/L). Sin embargo, determinaron que los metales pesados no pueden mantenerse en el agua como tal, más bien, permanecen en los sedimentos por consecuencia de la floculación. Tal y como menciona Armijos (2022), los cuerpos hídricos poseen bajas concentraciones de metales pesados de manera natural, especialmente en zonas acuíferas donde los metales se acumulan en las rocas, no obstante, indica que la contaminación por metales en los cuerpos de agua puede estar relacionado directamente a las actividades humanas.

**Figura |2|** Comparación de la concentración de Cd en las fuentes de agua con el AM 097-A:2015 y la norma INEN 1108:2020 para agua de consumo humano.



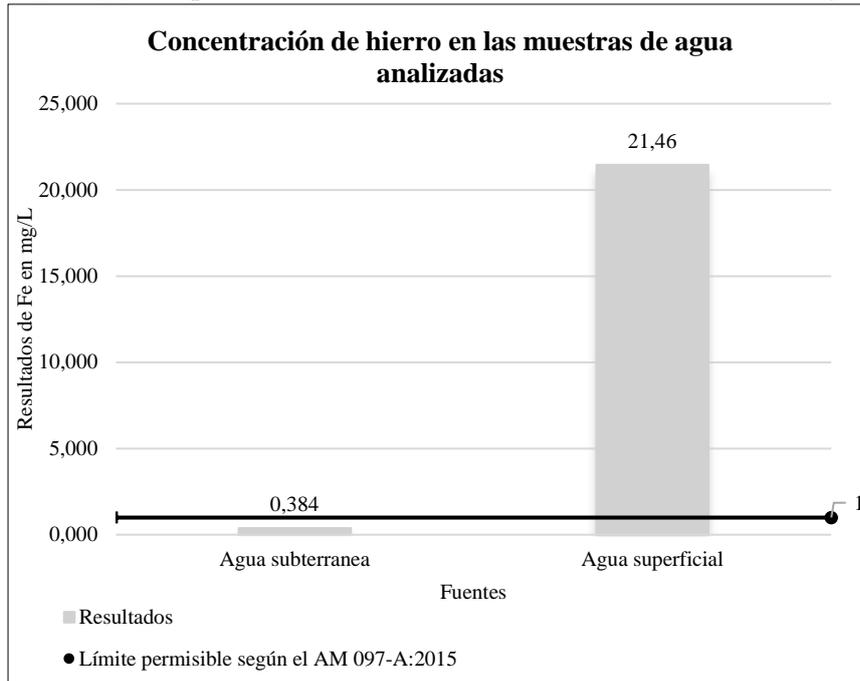
Las concentraciones de cobre en ambas fuentes de agua se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos de (2 mg/L), tanto como en el TULSA AM 097-A:2015 y en la norma INEN 1108:2020. Los valores de (0,255 mg/L) en agua subterránea y (0,302 mg/L) en agua superficial no excedieron con lo permitido de acuerdo con los criterios de calidad. (Figura 3).

**Figura |3|** Comparación de la concentración de Cu en las fuentes de agua con el AM 097-A:2015 y la norma INEN 1108:2020 para agua de consumo humano.



En la Figura 4 se muestra la comparación de los resultados obtenidos acerca de la concentración de hierro en las fuentes de agua. Para este metal, únicamente su criterio de calidad se encuentra en el TULSA AM 097-A:2015 con un valor de aceptación de (1 mg/L) para aguas de consumo humano y doméstico. Las muestras de agua subterránea del pozo profundo cumplen con el límite permisible establecido ya que se observó un valor de (0,384 mg/L), por otro lado, las muestras de agua superficial obtuvieron valores muy elevados en lo que respecta a la concentración de hierro, alcanzando un valor de (21,46 mg/L), superando significativamente el criterio de calidad, a comparación con los estudios realizados por Baque et al. (2016) en una estación de bombeo en la ciudad de Quevedo, se observó que los niveles de hierro fueron en promedio de (0,624) mg/L, en épocas secas y lluviosas. Se menciona que el Fe, es un elemento bastante común en la corteza terrestre, y se lo puede hallar de manera natural en los cuerpos hídricos. Esta diferencia puede estar relacionada a la geología local, condiciones ambientales, meteorización o actividades humanas. Todas estas variables podrían influir en la liberación y acumulación de hierro en las fuentes hídricas.

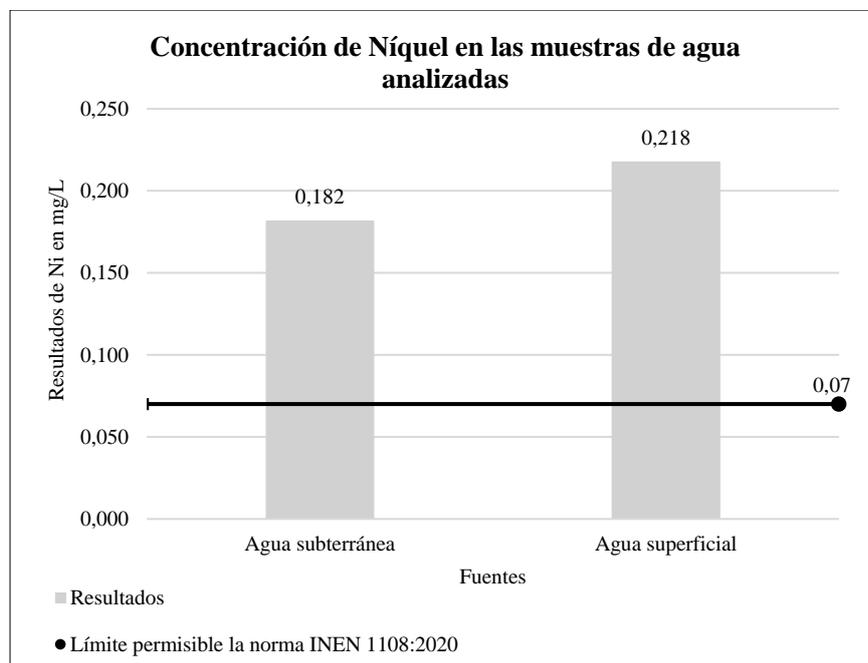
**Figura 4|** Comparación de la concentración de Fe en las fuentes de agua con el AM 097-A:2015



Los resultados de níquel (Figura 5) fueron comparados únicamente con el criterio de calidad de la norma INEN 1108:2020 el cual establece como límite permisible (0,07 mg/L), los resultados obtenidos son de (0,182 mg/L) en las muestras de agua subterránea y (0,218 mg/L) en las muestras de agua superficial. Ninguna de las dos fuentes de agua cumple con el criterio de calidad para agua de consumo humano y doméstico. De acuerdo con Huan et al. (2020), la contaminación del agua con níquel puede provocar riesgos cancerígenos en el ser humano, en sus estudios en aguas subterráneas, se encontraron concentraciones de níquel que oscilaban entre 0,00339 y 0,1689 mg/L, estos resultados fueron muy bajos a comparación de los valores obtenidos en el pozo profundo (0,182 mg/L). Además de ello, Morillo (2019) determinó concentraciones de níquel en 10 vertientes de agua, en la ciudad del conocimiento Yachay, obteniendo resultados que variaban entre 0,0002 y 0,0304 mg/L, las 10 fuentes de agua que fueron analizadas cumplen con el criterio de calidad de para agua de consumo humano. En lo que respecta a las aguas superficiales, Sotomayor (2016) realizó un análisis de calidad de aguas superficiales en la cuenca del río paute al sur de Ecuador, donde se evidenció en promedio una concentración de níquel de (0,02 mg/L), el cual cumple con los criterios de calidad para agua de consumo humano y doméstico, a comparación con lo obtenido en la fuente de agua superficial en la parroquia Juan Montalvo con (0,218 mg/L). La principal diferencia se deduce que puede ser a causa

de las condiciones hidrogeológicas de cada una de las fuentes de agua analizadas. Es por esa razón que López et al. (2024), mencionan que la presencia de metales contaminantes en los cuerpos hídricos puede originarse a partir de los procesos de descomposición física y química de suelos y formaciones rocosas. Adicionalmente afirma que las condiciones ácidas del suelo incrementan la solubilidad, movilidad e infiltración de los metales hacia las fuentes de agua subterránea. Si bien es cierto, el níquel es esencial para el crecimiento de ciertos microorganismos y plantas, su acumulación en concentraciones elevadas puede resultar nociva.

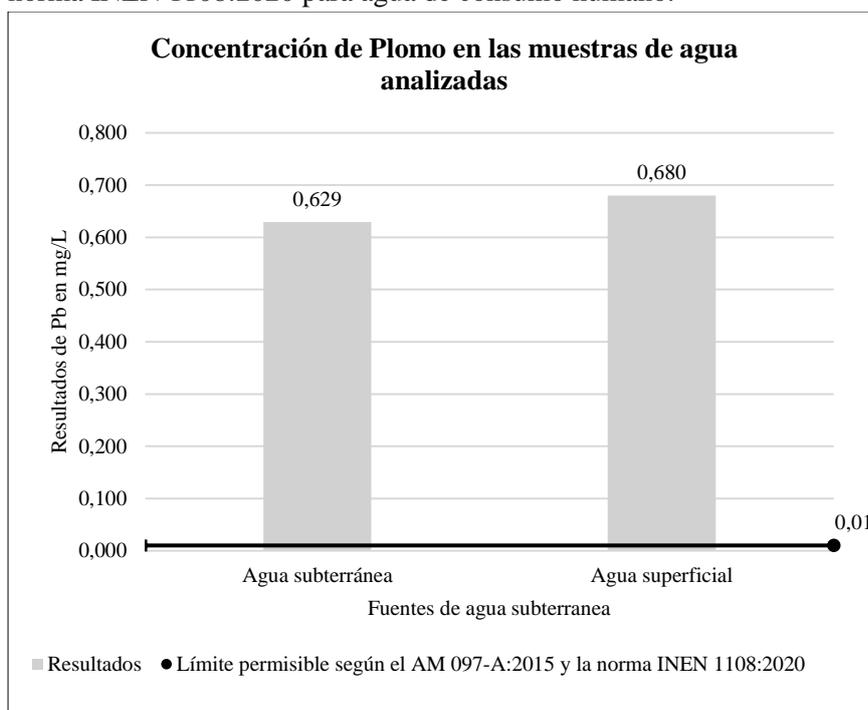
**Figura |5|** Comparación de la concentración de Ni en las fuentes de agua con la norma INEN 1108:2020.



En la Figura 6 se evidencia los resultados de la concentración de plomo en las muestras de agua analizadas, las muestras de agua subterránea alcanzaron un valor de (0,629 mg/L) y la de agua superficial (0,680 mg/L), se observaron valores superiores a los límites permisibles establecidos en las dos normas de calidad de agua para consumo humano y doméstico el cual corresponde a (0,01 mg/L). Estudios sobre la concentración de metales pesados en fuentes subterráneas del cantón Machala realizados por León y Torres (2022) encontraron que dos de las cuatro fuentes analizadas, con concentraciones de plomo de 0,0126 y 0,0115 mg/L, excedieron los límites permisibles. La diferencia es que estos estudios se llevaron a cabo en áreas cercanas a rellenos sanitarios, donde los lixiviados podrían estar contaminando el agua subterránea. Benítez (2021) explica que el plomo también puede

aparecer naturalmente en suelos con depósitos de origen volcánico, y mediante infiltración puede llegar a contaminar los acuíferos y por escorrentía a las aguas superficiales. Cusiche, Espinoza y Espinoza (2021) respaldan esta teoría, señalando que los metales pesados, al diluirse e infiltrarse en el suelo, representan un riesgo significativo para la salud ambiental. Asimismo, Castillo (2021) concluyó que el plomo en el agua subterránea del cantón El Guabo proviene de rocas carbonatadas y minerales geológicos. Las concentraciones de plomo en áreas como Río Bonito, Guabo y Tendales alcanzaron valores superiores a los estándares de calidad, con mediciones entre 0,334 y 0,732 mg/L, lo que indica que el agua no es apta para el consumo humano y representa un riesgo para la salud. Así mismo, Pozo (2017) determinó que la concentración de plomo en el estuario del río Chone en Manabí fue de (0,18 a 0,21 mg/L) aunque la diferencia es significativa con lo observado en la parroquia Juan Montalvo con (0,680 mg/L), aún sobrepasa los límites permisibles establecidos por ley ambiental de Ecuador. Las diferencias en las concentraciones de plomo en distintas fuentes de agua superficial pueden deberse a la geología local, actividades humanas: como la minería o desechos industriales, y la capacidad del suelo para retener contaminantes. Factores como la proximidad a fuentes contaminadas y la erosión del suelo también influyen en la contaminación por metales pesados en los recursos hídricos.

**Figura 6.** Comparación de la concentración de Pb en las fuentes de agua con el AM 097-A: 2015 y la norma INEN 1108:2020 para agua de consumo humano.



Aunque diversos estudios sugieren que la contaminación de los recursos hídricos por metales pesados está directamente vinculada a actividades antropogénicas, Hernández et al. (2022) señalan que los suelos también pueden contener concentraciones significativas de metales en su estructura, como resultado de la composición de la roca madre formada por rocas ígneas, residuos de meteorización y rocas sedimentarias. Se concluye que estas formaciones geológicas constituyen la fuente primaria de metales en el ambiente, los cuales pueden ser transportados por las corrientes de agua. Correa, Fuentes y Coral (2021) respaldan esta afirmación, encontrando concentraciones de metales pesados como As, Fe, Pb, Cu y Zn en siete cuerpos fluviales de las cuencas del río Mantaro en la sierra peruana, una zona andina con alto contenido de metales. Además, Fernández y Tusó (2020) destacan el papel esencial de las áreas montañosas andinas, como el Cotopaxi, donde grandes extensiones de páramo proporcionan agua a las comunidades locales al actuar como reservas naturales. En cuanto a la presencia de metales pesados en suelos andinos, Rivera y Toscano (2022) corroboran que los suelos rurales de la parroquia Juan Montalvo, en Cotopaxi, presentan características poco evolucionadas debido a la constante actividad volcánica. Estos suelos, con una topografía accidentada y problemas graves de erosión, presentan una baja capacidad para retener contaminantes, lo que contribuye a la contaminación de las fuentes subterráneas y superficiales de agua.

## **CONCLUSIONES**

Las concentraciones de metales pesados como cadmio, hierro, níquel y plomo en las fuentes de agua subterránea y superficial de la parroquia Juan Montalvo exceden significativamente los límites establecidos por las normativas ambientales, como el TULSMA AM 097-A: 2015 y la norma INEN 1108:2020, indicando que el agua no es apta para consumo humano y representa un riesgo para la salud pública.

Se deduce que la principal causa de la presencia elevada de metales pesados puede atribuirse a factores geológicos, como las características del suelo de la región y la actividad volcánica, que libera metales como plomo y cadmio hacia las corrientes de agua. La topografía accidentada y la erosión del suelo en zonas rurales contribuyen a la movilización de estos contaminantes hacia las fuentes hídricas. Las diferencias significativas en las concentraciones de metales pesados en las fuentes de agua subterránea y superficial pueden explicarse por la variabilidad geológica, la actividad volcánica, la

meteorización y las condiciones ambientales locales, las cuales influyen en la solubilidad y movilidad de los metales en los recursos hídricos. Por tal razón se sugiere realizar muestreos más detallados para corroborar la principal causa de contaminación de las aguas en esta región.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACOSTA, S., 2023. Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales. *Revista Latinoamericana Ogmios* [en línea], vol. 3, no. 8, ISSN 27890309. DOI 10.53595/rlo.v3.i8.084. Disponible en: <https://idicap.com/ojs/index.php/ogmios/article/view/226>

ARMIJOS, Y., 2022. *Análisis de arsénico, cadmio y plomo en las microcuencas pertenecientes a las vertientes San Jacinto y Villacrés, Cantón El Guabo*. [en línea]. Tesis de Grado. Machala - Ecuador: Universidad Técnica de Machala. [consulta: 16 agosto 2024]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19977> .

AVILÉS CASTRO, GUSTAVO JESÚS, AND REYNIER GARCÍA RODRÍGUEZ. “Sobreexplotación de Pozos Profundos y Perforación Irregular En Acuíferos Costeros.” *Recimundo* 6, no. 1 (2022): 277–88. [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(1\).ene.2022.277-288](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(1).ene.2022.277-288).

AZPILCUETA PÉREZ, MARÍA ELIZABETH, AURELIO PEDROZA SANDOVAL, AND IGNACIO SÁNCHEZ COHEN. “Calidad Química Del Agua En Un Área Agrícola de Maíz Forrajero(*Zea Mays* L.) En La Comarca Lagunera, MÉxico.” *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental* 33, no. 1 (2017): 75–83. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.01.07>.

BAQUE, R., SIMBA, L., GONZÁLES, B., SUATUNCE, P., DÍAZ, E. y CADME, L., 2016. Calidad del agua destinada al consumo humano. *Ciencia UNEMI* [en línea], vol. 9, no. 20, [consulta: 4 septiembre 2024]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582663826015> .

BENÍTEZ, M., 2021. Biosíntesis de Plomo y su contaminación en aguas de consumo. *Universidad Nacional de Rosario* [en línea], [consulta: 22 agosto 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2133/20742>.

CASTILLO, S., 2021. *Determinación de metales pesados en el agua subterránea para uso en actividades productivas, en la zona baja de la provincia, El Oro* [en línea]. Tesis de Posgrado.



- Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [consulta: 16 agosto 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/16202>.
- CASTILLO, S., BARREZUELA, S. y ARBITO, J., 2019. Evaluación De La Calidad De Aguas Subterránea De La Parroquia La Peaña, Provincia El Oro, Ecuador. *Ciencia UNEMI*, vol. 12, no. 32, DOI <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol12iss31.2019pp64-73p>.
- CERÓN, LINA M., JHON D. SARRIA, JOHAN S. TORRES, AND JONATHAN SOTO-PAZ. “Groundwater: Trends and Scientific Development.” *Informacion Tecnologica* 32, no. 1 (2021): 47–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100047>.
- CEVALLOS, M., LUACES, M. y CUELLO, M., 2023. Determinación De Metales Pesados (Pb, Cd, Hg, As) En Aguas Del Río Teaone, Ecuador. *Journal of Energy, Engineering Optimization and Sustainability* [en línea], vol. 7, no. 3, [consulta: 13 agosto 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.19136/jeeos.a7n3.5692>.
- CORREA, O., FUENTES, F. y CORAL, R., 2021. Contaminación por metales pesados de la microcuenca agropecuaria del río Huancaray - Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 87, no. 1, ISSN 1810-634X. DOI 10.37761/rsqp.v87i1.320.
- CUSICHE, L., ESPINOZA, C. y ESPINOZA, G., 2021. Determinación de metales pesados en agua para consumo humano de la ciudad de Junín. *Prospectiva Universitaria*, vol. 18, no. 1, ISSN 1990-7044. DOI 10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2021.18.1416.
- FERNÁNDEZ, G. y TUSO, W., 2020. *Diseño de una planta de tratamiento de agua potable para la población de Mulaló, provincia de Cotopaxi* [en línea]. Tesis de Grado. Quito: Universidad Politécnica Salesiana. [consulta: 26 agosto 2024]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19175>.
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA. 2020. “Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Latacunga 2020-2040.”
- HERNÁNDEZ, C., RAMÍREZ, V., MARTÍNEZ, J., QUINTERO, V., BAEZ, A., MUNIVE, J. y ROSAS, N., 2022. Los metales pesados en la historia de la humanidad,. *Alianzas y Tendencias BUAP* [en línea], vol. 7, no. 27, [consulta: 26 agosto 2024]. Disponible en: <https://eoi.citefactor.org/10.11235/BUAP.07.27.01>.

- HUAIRE, E., 2019. Método de investigación. [en línea]. S.l.: Disponible en: <https://n2t.net/ark:/13683/pY8w/w8Y>.
- HUAN, H., LI, X., ZHOU, J., LIU, W., LI, J., LIU, B., XI, B. y JIANG, Y., 2020. Groundwater pollution early warning based on QTR model for regional risk management: A case study in Luoyang city, China. *Environmental Pollution*, vol. 259, no. 113900, ISSN 02697491. DOI 10.1016/j.envpol.2019.113900.
- IBARRA, DIANA, AND EMMA CARRILLO. 2018. "Propuesta Para La Mejora De La Potabilización De Agua De La Planta De Tratamiento Loma De Alcoceres De La Ciudad De Latacunga, Provincia De Cotopaxi." עלון הנטע 66. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3173>.
- LEÓN, F. y TORRES, C., 2022. *Determinacion Microbiologica Y Metales Pesados Como Diagnostico Socioambiental A Las Aguas De Pozo Para Consumo Humano Del Colectivo Via Balosa*. Trabajo de Titulación. Machala - Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- LÓPEZ, M., GONZÁLEZ, G., POSADAS, C. y CASTELLANOS, O., 2024. Tratamiento para aguas contaminadas con metales pesados Una revisión. *INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO REVISTA DIGITAL* [en línea], vol. 16, no. 2, [consulta: 16 agosto 2024]. ISSN 2007-4786. Disponible en: [https://iydt.wordpress.com/wp-content/uploads/2024/04/2\\_21\\_tratamiento-para-aguas-contaminadas-con-metales-pesados.pdf](https://iydt.wordpress.com/wp-content/uploads/2024/04/2_21_tratamiento-para-aguas-contaminadas-con-metales-pesados.pdf).
- MERO, M., PERNÍA, B., RAMÍREZ, N., BRAVO, K., RAMÍREZ, L., LARRETA, E. y EGAS, F., 2019. Concentración De Cadmio En Agua, Sedimentos, eichhornia crassipes y pomacea canaliculata En El Río Guayas (Ecuador) Y Sus Afluentes. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 35, no. 3, ISSN 01884999. DOI 10.20937/RICA.2019.35.03.09 .
- MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR, 2015. Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Ministerio Del Ambiente: Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes Al Recurso Agua Anexo 1 del libro VI. *Gobierno del ecuador* [en línea], [consulta: 1 agosto 2024]. Disponible en: [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015\\_0.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf).

- MORILLO, M., 2019. *Sistema de manejo integrado de recursos hídricos naturales de la ciudad del conocimiento Yachay - Ecuador* [en línea]. Tesis de Postgrado. Ibarra - Ecuador: Universidad Técnica del Norte. [consulta: 26 agosto 2024]. Disponible en:  
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9752>.
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1108, 2020. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 - Agua Potable. Requisitos. [en línea]. S.l.: [consulta: 6 agosto 2024]. Disponible en:  
<https://pdfcoffee.com/nteinen1108-2-pdf-free.html>.
- POZO, F., 2017. Presencia de metales pesados cadmio y plomo en el estuario del río Chone -Manabí, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI* [en línea], vol. 10, no. 24, [consulta: 4 septiembre 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582675689013>.
- PUENTE, BALDEÓN LEONARDO. 2017. “Determinación De La Eficiencia De La Planta De Agua De Lajunta De Agua Potable Belisario Quevedo Ubicada En Elcantón Latacunga Parroquia De Illuchi.” <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18873>.
- RIVERA, E. y TOSCANO, M., 2022. *Caracterización socio económica y productiva de la parroquia Juan Montalvo del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2022*. [en línea]. Tesis de Pregrado. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi. [consulta: 26 agosto 2024]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9128>.
- SANCA, M., 2011. Tipos de Investigación Científica. *Revista de Actualización Clínica* [en línea], vol. 9, [consulta: 16 julio 2024]. Disponible en:  
[http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/raci/v12/v12\\_a11.pdf](http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/raci/v12/v12_a11.pdf).
- SALAS-ÁVILA, DANTE, FERMIN FRANCISCO CHAÍÑA CHURA, GERMÁN BELIZARIO QUISPE, EDGAR QUISPE MAMANI, ROGER HUANQUI-PÉREZ, EDILBERTO VELARDE COAQUIRA, FERNANDO BERNEDO-COLCA, DANTE SALAS-MERCADO, AND MARIÁN HERMOZA-GUTIÉRREZ. “Evaluation of Heavy Metals and Social Behavior Associated a the Water Quality in the Suches River, Puno-Peru.” *Tecnología y Ciencias Del Agua* 12, no. 6 (2021): 145–95. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-06-04>.
- SOTOMAYOR, G., 2016. *Evaluación de la calidad de las aguas superficiales mediante técnicas de estadística multivariante: Un estudio de caso en la cuenca del Río Paute, al sur de Ecuador* [en

línea]. Tesis de Posgrado. La Plata Argentina: Universidad Nacional de la Plata. [consulta: 4 septiembre 2024]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/53959>.

ZUBERO OLEAGOITIA, MIREN BEGOÑA, JUAN JOSÉ AURREKOETXEA AGIRRE, JESÚS MARÍA IBARLUZEA MAUROLAGOITIA, MARIA JESÚS ARENAZA AMEZAGA, MIKEL BASTERRETXEA IRURZUN, CARLOS RODRÍGUEZ ANDRÉS, AND JOSÉ RAMÓN SÁENZ DOMÍNGUEZ. “Metales Pesados (Pb, Cd, Cr y Hg) En Población General Adulta Próxima a Una Planta de Tratamiento de Residuos Urbanos de Bizkaia.” *Revista Española de Salud Pública* 82, no. 5 (2008): 481–92.  
<https://doi.org/10.1590/s1135-57272008000500004>.

