



Determinación de metales pesados en agua para consumo humano de la ciudad de Junín

Determination of heavy metals in water for human consumption in the city of Junín

Leoncio Filiberto Cusiche Pérez¹, Carmen Luz Espinoza Tumialán¹, Gloria Esther Espinoza Tumialán²



0000-0001-8564-0610

/

0000-0002-5254-1576

Mery Luz Cusiche Huamaní³, Janina Juana Victorio Baldeón³, Medalit Elizabet Mandujano Espinal³

Autor correspondiente: lcusiche@uncp.edu.pe

clespinoza@uncp.edu.pe / gloriaespinoza@uncp.edu.pe / e_2016100914l@uncp.edu.pe / e_2016100907k@uncp.edu.pe

Cómo citar:

Cusiche Pérez, L. F.; Espinoza Tumialán, C. L.; Espinoza Tumialán, G. E.; Cusiche Huamaní, M. L.; Victorio Baldeón, J. J. & Mandujano Espinal, M. E. (2021). *Determinación de metales pesados en agua para consumo humano de la ciudad de Junín*. *Prospectiva Universitaria*, revista de la UNCP. 18(1), 51-56. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2021.18.1416>

Resumen

El estudio tuvo como objetivo determinar la concentración de metales pesados del agua para consumo humano de la ciudad de Junín mediante espectrofotometría por absorción atómica. Para el desarrollo, se utilizó pruebas no experimentales y la investigación descriptiva; se recolectaron muestras de agua de tres sectores de la población de la ciudad de Junín. Las concentraciones de los tres metales difieren en los sectores de la población Pb y AS de 0.001 a 0.002 mg/l y del Cd de 0.001 a 0.003 mg/l debido a que proceden de diferentes fuentes; sin embargo, la concentración de metales pesados plomo, cadmio y arsénico del agua de consumo de la ciudad de Junín no exceden los ECAs de Perú D.S. 004-2017- MINAN para aguas potabilizadas destinadas a la producción de agua potable.

Palabras Clave: metales pesados, agua para consumo, espectrofotometría, absorción atómica

Abstract

The objective of the study was to determine the concentration of heavy metals in the water for human consumption in the city of Junín by means atomic absorption spectrophotometry. For the development, non-experimental tests and descriptive research were used; water samples were collected from three sectors of the population of the city of Junín. The concentrations of the three metals differ in the population sectors Pb and AS from 0.001 to 0.002 mg/l and for Cd from 0.001 to 0.003 mg/l because they come from different sources; however, the concentration of heavy metals lead, cadmium and arsenic in the drinking water of the city of Junín does not exceed the ECAs of Peru D.S. 004-2017-MINAN for drinking water equipment for production of drinking water.

Keywords: heavy metals, drinking water, spectrophotometry, atomic absorption

Introducción

Las montañas de Perú están compuestas fundamentalmente por diferentes metales pesados, como el plomo, hierro, Zinc, cobre, plata, oro, entre otros, constituyéndose como una zona minera que al ser extraídos generan grandes divisas para la economía del país; precisamente, algunos de esos metales son trasladados por el caudal de agua mediante las corrientes generadas por la lluvia hacia los lagos, lagunas y ríos. Asimismo, en la filtración de agua, desde el interior de las montañas a través de los puquiales, se adhieren algunos metales pesados formando parte del agua dulce, otorgándole un sabor a metal predominante; siendo estas aguas consumidas por los humanos y animales que habitan en la zona.

El agua superficial disponible en la provincia de Junín es abundante, debido a la existencia de lagunas en las partes altas de las montañas, constituyendo un gran potencial de recurso hídrico; no obstante, la existencia de periodos de lluvia y estiaje presentan fluctuaciones en cuanto al caudal del agua para consumo humano, proveniente de la laguna de Santa Catalina ubicado en las alturas de la montaña, al lado este de la ciudad de Junín. Dado las características de las montañas, formados por diferentes minerales, las aguas están expuestas a la contaminación por metales, tales como el arsénico, cadmio, plomo, calcio, magnesio, entre otros metales pesados.

La laguna de Santa Catalina se ha constituido en una de las principales fuentes de agua de la provincia de Junín, debido a que sus aguas son utilizadas como agua potable para abastecer el consumo humano de la mayor parte de la población de la ciudad de Junín. El agua inicia su transporte desde la laguna por dos vías, uno entubado y otro a canal abierto hasta el reservorio ubicado en el lugar denominado San Cristóbal, desde donde es distribuido a diferentes barrios de la ciudad de Junín. El transporte a canal abierto puede disminuir la calidad agua, al estar expuesto a contaminantes por diferentes factores, tales como la mezcla de agua de lluvia a través de su recorrido; sobre la superficie de las montañas arrastran partículas sólidas, tales como minerales, partículas orgánicas, residuos de agricultura, entre otros.

Teniendo en cuenta que las técnicas de purificación del agua se han desarrollado extensamente durante el pasado siglo, en la planta de tratamiento de agua para consumo humano en la ciudad de Junín, no se aplica estas técnicas por falta de recursos económicos para su adecuación y los protocolos utilizados son insuficientes para potabilizarla. Se observa deficiencias en el proceso de potabilización, solo realizando actividades como la cloración y precipitación de sólidos totales y la adición de cal. Al agua para consumo humano no se realiza el control fisicoquímico y microbiológico, tampoco se controla el contenido de

metales pesados, siendo distribuidos a los diferentes barrios de la ciudad de Junín tales como: barrios San Cristóbal, Mariac, Julca, Casablanca, entre otros.

Un tratamiento tecnificado de disminución de la concentración de metales o su liberación del agua destinada a consumo humano, significará la reducción de riesgo de parte de los pobladores de sufrir enfermedades transmitidas por el consumo de agua con concentraciones que superen los límites máximos permisibles de metales pesados de acuerdo al D.S. N° 004-2017-MINAN. En tal sentido, es necesario realizar el control fisicoquímico y de la concentración de metales pesados para recomendar un tratamiento adecuado en la potabilización del agua para consumo de los habitantes de la ciudad de Junín. Por tal motivo, se plantea la siguiente interrogante. ¿Cuáles son las concentraciones de los metales pesados del agua para consumo humano de la ciudad de Junín mediante espectrofotometría por absorción atómica?

El agua potable es un compuesto con características físicas, químicas y microbiológicas aptas para consumo humano; por tanto, debe ser inocuo de sustancias extrañas, microorganismos y minerales perjudiciales para la salud y no debe tener turbidez, olor, color y sabor desagradables. Por consiguiente, es necesario el control tanto fisicoquímico como microbiológico del agua. En ese caso, el agua potable de la ciudad de Junín tiene dos fuentes: una laguna de donde son trasladados hacia un reservorio de tratamiento y otra, de un puquial, ambos son distribuidos para la alimentación y uso doméstico sin ningún control del contenido de minerales.

Teniendo en cuenta que el agua destinada a la producción de agua potable de acuerdo a su naturaleza debe ser tratada hasta el cumplimiento de los estándares de calidad previo a su distribución y realizar un control periódico de los parámetros específicos y fundamentales para el aseguramiento de la calidad de agua. El presente estudio tiene como objetivo general, determinar la concentración de metales pesados del agua para consumo humano de la ciudad de Junín mediante espectrofotometría por absorción atómica y, como objetivos específicos: Identificar en campo pH, temperatura, TDS, conductividad y turbidez del agua para consumo humano; determinar la concentración de los metales pesados Pb, Cd y As en agua de consumo de la ciudad de Junín mediante espectrofotometría por absorción atómica y; evaluar las concentraciones de los metales pesados presentes en el agua de consumo de la ciudad de Junín con los ECA para agua, categoría 1 población y recreacional, sub categoría A: aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable y con la normativa internacional de la OMS para agua destinada al consumo humano.

Métodos y materiales

Dado las características no experimentales del estudio, evaluación fisicoquímica y concentración de metales en las aguas para consumo humano, en el presente estudio se utilizó para su desarrollo el tipo no experimental y el método descriptivo.

Para el análisis de las concentraciones de los metales pesados en agua, se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica, el cual se basa en la absorción de la energía radiante de los átomos en estado fundamental. La muestra líquida que contiene la materia a analizar llega a un mechero quemador en el que se produce la atomización. Cuando se hace pasar a través de la nube atómica formada por una emisión electromagnética en la longitud de onda característica de los átomos presentes, se produce una absorción que es proporcional a la concentración de átomos (Chávez, 2011).

Se realizó el muestreo del agua de consumo en tres estaciones: barrio San Cristóbal, barrio Mariac en la calle Ramón Castilla y barrio Centro en la calle Grau, como se indica en la Tabla 1.

Tabla 1

Estaciones de muestreo del agua de consumo.

Estación	Lugar	Posición geográfica	Descripción
E.1	San Cristóbal – Jirón Arica S/N. Barrio del mismo nombre.	Este: 11.1651554 Norte: 75.98510659 Cota: 4178.4 msnm	Grifo de agua de domicilio.
E.2	Ramón Castilla s/n cuadra 15 lado norte. Barrio Mariac.	Este: 11.1468170 Norte: 75.9933375 Cota: 4128.2 msnm	Grifo de agua de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Humanas
E.3	Jirón Grau 124 Barrio Centro	Este: 11.1354501 Norte: 75.98512690 Cota: 4208.4 msnm	Grifo de agua del domicilio

Resultados

El análisis fisicoquímico de agua de consumo de la Tabla 2, muestra los sólidos totales disueltos, siendo el menor de 680 mg/l en la estación del sector de San Cristóbal y, el mayor de 800 mg/l en el barrio Centro. El potencial de hidrógeno en el sector de San Cristóbal es de 8.1; en la estación 2, en el barrio Mariac, 8.2 y; en la estación 3, barrio centro, 8.4. Hay que tener en cuenta que estos parámetros son efecto del contenido de metales, iones libres de hidrógeno o intercambio de iones. La conductividad en la estación 2 es menor con respecto a la estación 1 y 3. En cuanto a la turbiedad, medidos en UNT, varían en las tres estaciones desde 3, 4 y 5.

Tabla 2

Parámetros fisicoquímicos del agua de consumo.

Estación	Temperatura del agua (°C)	Sólidos totales disueltos (mg/l)	Potencial del hidrógeno (pH)	Conductividad (µS/cm)	Turbiedad (UNT)
E.1	14.1	680	8.1	326	3
E.2	14.9	750	8.2	219	4
E.3	14.5	800	8.4	340	5

La Tabla 3, presenta las concentraciones de los metales de plomo, cadmio y arsénico medidos en las muestras de agua de consumo en tres estaciones de la ciudad de Junín, siendo las concentraciones de Pb, Cd y As de 0.001 mg/l en la estación 1; las concentraciones del Pb y As 0.001 mg/l y del cadmio 0.002 mg/l; se observa las concentraciones de los tres metales difieren de las otras estaciones Pb y AS 0.002 mg/l y del Cd 0.003 mg/l, debido a que proceden de diferentes fuentes.

Tabla 3

Concentración de metales Pb, Cd y As del agua de consumo de la ciudad de Junín.

Estación	Plomo (mgPb/l)	Cadmio (mgCd/l)	Arsénico (mgAs/l)
E.1	0.001	0.001	0.001
E.2	0.001	0.002	0.001
E.3	0.002	0.003	0,002

Discusión

El servicio de agua para consumo humano en el municipio de la ciudad de Junín, como en muchos municipios en el interior del país de Perú, a pesar que realizan todos los esfuerzos posibles, no está exento de la presencia de metales. De acuerdo a la Tabla 3, la concentración de metales pesados plomo, cadmio y arsénico se encuentran presentes en diferentes concentraciones, desde 0.001 hasta 0.003 mg/l. estos parámetros no exceden los ECAs de Perú D.S. 004-2017- MINAN para aguas potabilizadas destinadas a la producción de agua potable; sin embargo, es de especial cuidado, en vista que se depositan por largos tiempos en el riñón y el hígado. Según Contreras, Mendoza & Arismendis (2004), los metales pesados constituyen un serio problema ambiental debido a su toxicidad y a sus repercusiones fisiológicas tanto en los seres humanos como en animales. Chávez (2016) menciona que la presencia de plomo en el agua, se puede deber a la disolución de los metales pesados presentes en el suelo, por los procesos de infiltración y geodinámica interna.

Kubier et al. (2019) señalan que las concentraciones elevadas de cadmio (Cd) en las aguas subterráneas tienen implicaciones generalizadas para el suministro de

agua y la agricultura. Mancilla et al. (2017) mencionan que la química acuosa del Cd no se considera compleja; sin embargo, además de la intensa contaminación industrial, las interacciones hidrogeoquímicas multifacéticas controlan la movilidad del cadmio.

Reyes et al. (2016) afirman que el cadmio que ingresa por vía respiratoria o por vía oral, se transporta a la sangre y se concentra en el hígado y el riñón. El cadmio tiene la capacidad de acumularse en estos órganos vitales, produciendo daños irreversibles, aún para concentraciones reducidas. De otra parte, el tiempo de permanencia en estos órganos puede ser muy elevado. Así, el tiempo de vida media del cadmio en el riñón puede alcanzar los 30 años.

Moreno et al. (2012), en la determinación de metales pesados en un canal de Xochemilco, mencionan que para el cadmio se mantuvieron los valores constantes en el primero y segundo muestreo (0.001-0.002 ppm); tanto en el fondo como en la superficie, dichas concentraciones se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, tanto para descargas residuales (NOM-001-ECOL-1996) como para agua potable (NOM-127-SSA1-1994). En el tercer muestreo, no hubo presencia de este metal, lo cual puede deberse a la sedimentación del mismo (Burt, 1992).

Asimismo, Moreno et al. (2012) encuentran que los niveles observados para plomo en el primer muestreo (superficie y fondo) están por encima de los límites máximos para uso como agua potable (0.025 ppm) (NOM127-SSA1-1994), aunque puede considerarse dentro de los límites máximos permisibles para aguas residuales (0.5- 1.0 ppm) (NOM-001-ECOL-1996). Abdelwaheb et al. (2019) señalan que las actividades agrícolas presentan un riesgo significativo de contaminación de las aguas subterráneas. De hecho, los fertilizantes y las aguas residuales tratadas que se utilizan para el riego son, en parte, responsables del detrimento de la calidad de aguas subterráneas y superficiales.

Las aguas subterráneas poca profundas se ven afectadas por aguas superficiales contaminadas a través de la interacción de las aguas subterráneas, Chirinos et al. (2018) señalan que los acuíferos someros son más susceptibles a ser contaminados fácilmente por las pesticidas, fertilizantes entre otros, además del regadío de auxilio con aguas residuales, lo cual conlleva a incrementar los niveles significativos de los metales contaminantes en las aguas subterráneas (Robles et al., 2016).

Según Chávez (2016), en el área circundante al manantial y al sistema de agua potable, se realizan actividades agrarias de nivel moderado (siembra de cultivos de papa, maíz, oca, olluco y arvejas) y actividades pecuarias en la misma intensidad (pastoreo de animales vacunos y equinos); pudiendo incrementar la presencia de algunos componentes metálicos como

cadmio, por la utilización y disposición de productos agroquímicos, además de introducirse a través de las excretas de animales en el área de influencia del estudio de investigación.

Reyes (2015) sostiene que en América Latina, la gran mayoría de países padecen el problema de contaminación por metales pesados en agua. En países como México, Argentina, Chile, El Salvador, Nicaragua, Perú y Bolivia, cerca de cuatro millones de personas consumen aguas contaminadas por arsénico (Vergara, 2016).

De acuerdo a Cayetano (2019), el arsénico se filtra al agua de consumo a través de procesos naturales de interacción del agua con la roca. Diversos estudios reportan la asociación entre la ingesta crónica de agua con arsénico y la presencia de enfermedades crónicas, como la diabetes mellitus, hipertensión arterial, anemia megaloblástica, trastornos gastrointestinales y lesiones arsenicales en la piel (melanosis, melanodermia, banda de Mees, discromía en formas de gotas de lluvia y queratosis). La Organización Mundial de la Salud ha establecido el valor de 10 µg/l como límite de concentración de As en el agua potable para consumo humano. En el Perú, se han encontrado concentraciones de arsénico, en las personas, superiores a 30 veces los valores referenciales de toxicidad para arsénico (Ale-Mauricio, Villa y Castañaga, 2018).

Según Afan & Flores (2018), las sales solubles en agua de los metales pesados, como el plomo, son muy tóxicos y acumulables por los organismos que los absorben, los cuales a su vez son fuente de contaminación de las cadenas alimenticias al ser ingeridas por alguno de sus eslabones.

En la determinación de metales pesados en el agua potable de la ciudad de Ilave. Los valores de Pb determinados en las muestras de agua potable de la ciudad de Ilave, no tiene un origen controlado. El Pb fue el único elemento metálico entre los metales pesados que se encontró por encima de las normas ECAs, en muestras de agua del proceso de potabilización, se debe tener especial cuidado en su consumo, ya que el Pb es una sustancia tóxica que se acumula en el esqueleto, también es tóxico, tanto para el sistema nervioso central como para el periférico, e induce a efectos neurológicos y conductuales (Castillo, 2018).

La exposición de los metales pesados del agua de consumo de la ciudad de Junín, es debido a la erosión de los suelos de las montañas de donde provienen y por los materiales que podrían estar en contacto en el transporte hacia el domicilio. Según Mendoza et al. (2017), la exposición humana y ambiental a metales pesados y metaloides puede tener causas naturales, como la erosión de suelos ricos en estos elementos y su transportación a los cuerpos de agua o causas antropomórficas.

Conclusiones

- El agua de consumo de la ciudad de Junín, mostró en el análisis de pH, sólidos totales disueltos, conductividad y turbidez, diferencias en las muestras analizadas; sin embargo, se encuentran dentro los estándares de calidad para agua a ser potabilizada.
- La concentración de metales pesados: plomo 0.002 mg/l, cadmio 0.003 mg/l y arsénico 0.002 mg/l; los cuales, se encuentran presentes en el agua de consumo de la ciudad de Junín no exceden los ECAs de Perú D.S. 004-2017- MINAN para aguas potabilizadas destinadas a la producción de agua potable.
- Los parámetros fisicoquímicos y concentraciones de los metales pesados cadmio, arsénico y plomo presentes en el agua de consumo, es de especial cuidado en vista que tienen la particularidad de depositarse por largo tiempo en el riñón y el hígado, constituyéndose en un problema debido a su alto índice de toxicidad, tanto para los humanos como para los animales.

Referencias bibliográficas

- Abdelwaheb, M.; Jebali, K.; Dhaouadi, H. & Dridi-Dhaouadi, S. (2019). *Adsorption of nitrate, phosphate, nickel and lead on soils: Risk of groundwater contamination*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 179 (January), 182–187. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.04.040>
- Ale-Mauricio, Diego A.; Villa, Guillermo & Gastañaga, María del Carmen. (2018). *Concentraciones de arsénico urinario en pobladores de dos distritos de la región Tacna, Perú, 2017*. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 183-189
- Burt J. (1992). *Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago, Chile.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL (1996). *Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales*. México, D. F.
- Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1 (1994). *Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización*. Secretaría de Salud México.
- Afan Rojas, K. & Flores Romero, V. E. (2018). *Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca – octubre 2017*. Universidad Privada Norbert Wiener. Retrieved from <http://repositorio.uwiener.edu.pe/xmlui/handle/123456789/1853>
- Castillo Coaquira, I. (2018). *Estudio fisicoquímico, microbiológico, contenido de metales pesados y alternativas de solución en el agua potable del distrito de Ilave - Puno 2018*. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa.
- Cayetano Terrel, P. (2019). *Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados: plomo, cadmio, mercurio y arsénico*. Instituto Nacional de Salud, 64. Retrieved from <https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/ogitt/cati/3BOLETÍN TECNOLÓGICAS N-3 2019.pdf>
- Chávez Vallarino, C. (2011). *Detección de metales pesados en agua*. Instituto Nacional de Astrofísica, óptica y electrónica; Vol. 0. Retrieved from <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/671/1/ChavezVC.pdf>
- Chávez Collantes. A. (2016). *Determinación de metales pesados en el agua del manantial la Quintilla y línea de conducción del sistema de agua potable del distrito de Sucre-Celendín*. Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca. 35 - 40. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1753/TESIS%20AZUCENA%20CHAVEZ%20COLLANTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chirinos, N. A. & Camperos, J. C. (2018). *Caracterización de aguas subterráneas en el municipio buchivacoa (Venezuela) con fines de tratamiento*. C, 11, 27– 38.
- Contreras, J.; Mendoza, C. & Arismendis, G. (2004). *Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del río Haina*. *Ciencia y Sociedad*, 29(1), 38–71.
- Kubier, A.; Wilkin, R. T. & Pichler, T. (2019). *Cadmium in soils and groundwater. A review*. *Applied Geochemistry*, 108 (July). <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.104388>
- Mancilla Villa, O.; Fregoso Zamorano, B. E.; Hueso Guerrero, E. J.; Guevara Gutiérrez, R. D.; Palomera García, C.; Olgún López, J. L.; ... Flores Magdaleno, H. (2017). *Concentración iónica y metales pesados en el agua de riego de la cuenca del río Ayuquila-Tuxcacuesco-Armería*. *Idesia*, 35(3), 115–123. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292017005000303>
- Mendoza Cano, O.; Sánchez Piña, R. A.; Barrón Quintana, J.; Cuevas Arellano, H.; Escalante Minakata, P. & Solano Barajas, R. (2017). *Riesgos potenciales de salud por consumo de agua con arsénico en Colima, México*. *Salud Pública de México*, 59(1), 34–40.

- Moreno Bonett, C.; Zugazagoitia Herranz, R.; Sánchez Martínez, C.; Córdoba Moreno, R. & Melo Ruíz, V. (2012). *Determinación de metales pesados en el agua de un canal de Xochimilco (México, D.F.) como proyecto de Servicio Social*. Educ. Quím, 23(3), 375–382.
- Reyes, Y.; Vergara, I.; Torres, O.; Díaz, M. & González, E. (2016). *Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria*. Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, 16(2), 67–77. <https://doi.org/10.1007/BF02796157>
- Reyes, Y. (2015). *Sistema portable de pretratamiento para asistir nanosensores con capacidad de detección y cuantificación in situ de muestras de agua*. Ms.C. Thesis, Pontificia Universidad Javeriana.
- Robles, Claudia; Chávez, Dagoberto; González, Julián & Juárez, H. (2016). *Evaluación de la contaminación del agua subterránea por metales pesados en un acuífero somero*. Revista de Simulación y Laboratorio, 3(6), 15–22.
- Vergara Inés; Reyes, Yulieth C.; Torres, Omar E.; Díaz, Mercedes & González, Edgar E. (2016). *Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria*. Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá D.C., Colombia), Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, Vol. 16 N° 2, Julio-diciembre 2016, pp. 66-77.