



# Correlación entre la concentración de metales pesados en el agua de consumo y la concentración de los mismos del agua superficial del río Tumbes, Perú

Correlation between the concentration of heavy metals in drinking water and their concentration in the surface water of the Tumbes River, Peru

Andy García-Peña<sup>1,\*</sup>; Jhon Rimaycuna<sup>1</sup>; Eber Herrera<sup>1</sup>; Luis Bermejo<sup>1</sup>; Gerardo Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes. Ciudad Universitaria, Av. Universitaria S/N, Tumbes, Perú.

\*Autor corresponsal: [garciaandy970@gmail.com](mailto:garciaandy970@gmail.com) (A. García-Peña).

ID ORCID de los autores

A. García-Peña:  <https://orcid.org/0000-0003-2154-7251>

J. Rimaycuna:  <https://orcid.org/0000-0002-2767-9733>

E. Herrera:  <https://orcid.org/0000-0002-7255-9087>

L. Bermejo:  <https://orcid.org/0000-0001-5294-7034>

G. Cruz:  <https://orcid.org/0000-0001-6096-0183>

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue encontrar la correlación entre la concentración de metales pesados en el agua de consumo de las zonas rurales de Tumbes y la concentración de estos en el agua superficial del río Tumbes, para ello se usó el método de correlación de Pearson y espectroscopia de emisión atómica por la técnica de grafito, donde se encontró una alta de concentración Plomo en el río y en el agua de consumo llegando a concentraciones de  $194,889 \pm 0,3182 \mu\text{g/l}$  en el centro poblado de San Jacinto y  $99,079 \pm 0,0481 \mu\text{g/l}$  en el centro poblado de Oidor, además se encontró un índice correlación inversa de baja intensidad para todos los metales pesados analizados con valores de -0,62 (pb), -0,8 (cd) y -0,65 (cr), lo que nos indica un descenso en las concentraciones presentes en los domicilios, a excepción de algunos puntos donde se evidencia un aumento como son el caso de Rica Playa, La Capitana, Higuierón y Oidor, pueblos que no cuentan con un sistema de tratamiento de agua.

**Palabras clave:** agua de consumo; agua superficial; río Puyango; metales pesados; correlación de Pearson.

## ABSTRACT

The objective of this research was to find the correlation between the concentration of heavy metals in drinking water in rural areas of Tumbes and their concentration in the surface water of the Tumbes River, for which the Pearson correlation method was used and atomic emission spectroscopy using the graphite technique, where a high concentration of lead was found in the river and in drinking water, reaching concentrations of  $194.889 \pm 0.3182 \mu\text{g/l}$  in the town of San Jacinto and  $99.079 \pm 0.0481 \mu\text{g/l}$  in the town of Oidor, in addition, an inverse correlation index of low intensity was found for all the heavy metals analyzed with values of -0.62 (pb), -0.8 (cd) and -0.65 (cr), which indicates a decrease in the concentrations present in homes, except for some points where an increase is evident, such as the case of Rica Playa, La Capitana, Higuierón and Oidor, towns that do not have a treatment system. of water.

**Keywords:** drinking water; surface water; Puyango river; heavy metals; Pearson correlation.

Recibido: 23-08-2021.

Aceptado: 09-05-2022.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## INTRODUCCIÓN

La cuenca Puyango - Tumbes es una importante fuente de agua para cultivos (Mondal et al., 2020) y consumo humano (Clark & Hakim, 2014), sin embargo estas se ven afectas por la extracción de oro y plata desde la era pre-colonial (Mora et al., 2016). En la zona alta de la cuenca Puyango - Tumbes se encuentran 87 plantas procesadoras de oro (Fernández Yarlequé, 2019; Marshall et al., 2018). Las cuales continuamente vienen vertiendo sus lixiviados con altas concentraciones de cianuro, mercurio y metales pesados (Tarras-Wahlberg et al., 2001).

En múltiples estudios reportan una alta contaminación por metales pesados aguas debajo de la cuenca Puyango - Tumbes (Fernández Yarlequé, 2019; Marshall et al., 2018, 2020; Valenzuela Reyna, 2014). Además se ha encontrado la presencia de plomo en la sangre de los pobladores de Rica Playa por la ingesta del agua del río Tumbes (Gavilanez Garcia, 2016).

Esta contaminación por metales pesados es preocupante debido a su persistencia, toxicidad ambiental (Huang et al., 2020) biodisponibilidad (Zhang et al., 2014) y acumulación en el organismo (Yoshida et al., 2004), entre los más peligrosos tenemos al cadmio, cromo y plomo (Silupú García

et al., 2017), entre los peligros a la salud del cadmio y plomo tenemos el aborto, aumento del nacimiento de bebés prematuros, efectos adversos en el sistema renal, presión arterial alta y cáncer (Abedi Sarvestani & Aghasi, 2019; Rezaei et al., 2019) de igual forma el cobre causa el Alzheimer (Kaplan et al., 2011). Muchas veces estos metales llegan a los domicilios al sistema de distribución de agua (Chowdhury et al., 2016) por la corrosión galvánica en las tuberías (Li et al., 2020; Ng et al., 2018).

Sin embargo no se ha encontrado información sobre la correlación entre la concentración de metales pesados en el río y la concentración de metales pesados en los domicilios de la población asentada en la rivera del río, además la información encontrada sobre la concentración de metales pesados en los pueblos en asentados en la ribera del río a excepción de Rica Playa es escasa y/o nula, además.

En tal sentido nació esta investigación con el objetivo de encontrar la correlación entre la concentración de metales pesados en el agua de consumo de las zonas rurales de Tumbes y la concentración de estos en el agua superficial del río Tumbes.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el departamento de Tumbes, provincia de Tumbes, distrito de San Jacinto, en los pueblos de Rica Playa, La Capitana, Higuera, Oidor, Vaquería, La Peña y San Jacinto. Se recolectaron 69 muestras, en el punto de captación de agua de consumo y en los domicilios de la pueblos asentados en la margen izquierda del río Tumbes.

Se recolectaron 100 ml de muestra en envases de plástico (409726.G-DELTALAB) de los cuales 20 ml pasaron por un proceso de filtrado con jeringas (180020ET) y papel filtro (Mg82024-WHATMAN) eliminando los primero 5 ml para luego colectar 15

ml en tubos cónicos de centrifuga plásticos, luego se les agrego ácido nítrico concentrado (disminuye el pH a 2). Estos se almacenaron a temperatura ambiente hasta su respectivo análisis.

Se caracterizó la muestra haciendo mediciones de pH (ST-2100-F - OHAUS) y conductividad eléctrica (ST-3100C-F - OHAUS), la concentración los metales pesados se analizó mediante espectroscopia de emisión atómica por la técnica de grafito (contrAA800D - Analytik Jena AG), se usó el método de correlación de Pearson (Microsoft Excel 2013).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan los valores promedio de pH y conductividad eléctrica de las muestras en los domicilios de los distintos pueblos estudiados y el valor de los mismos encontrados en el río Tumbes.

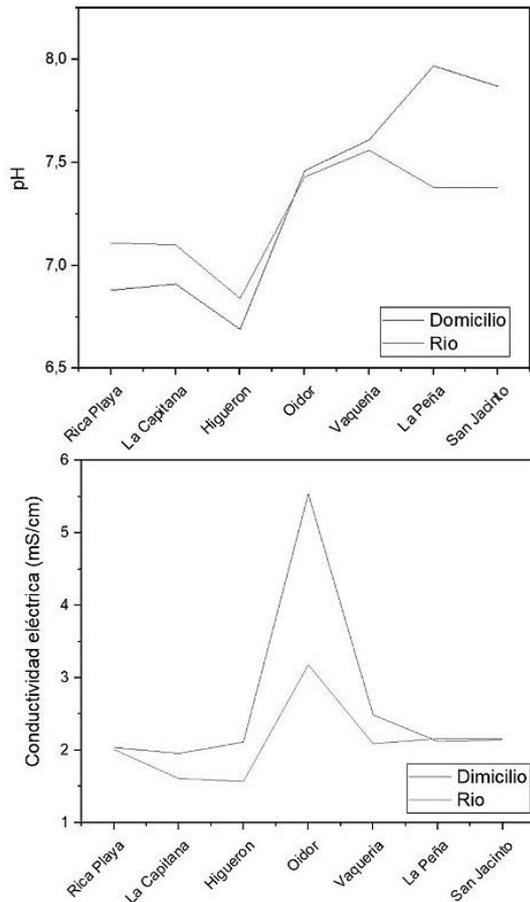
El pH tiene un efecto sobre la disponibilidad de metales pesados (Abdu & Mohammed, 2016), con un pH ácido se tiende a una competencia entre los cationes metálicos y los iones H<sup>+</sup> por los lugares de intercambio (Kheboian & Bauer, 1987), mientras que con un pH alcalino los metales pesados tienden a ser movidos del suelo y adsorbidos por los coloides disminuyendo su biodisponibilidad. (Basta & Tabatabai, 1992).

La Figura 1 muestra el pH obtenido en las muestras de los pueblos se encuentran entre  $6,71 \pm 0,10$  y  $7,97 \pm 0,09$  siendo los pueblos de Vaquería, La Peña y San Jacinto con los valores más altos de pH, en el

caso de las muestras del río Tumbes los valores de pH se encuentran entre 6,84 y 7,56, estos valores se encuentran dentro de los rangos aceptables tanto para el agua de consumo (LMP) como para el agua superficial del río (ECA).

Por otro lado, los valores de conductividad eléctrica se encuentran ligeramente elevados con un promedio de  $2,61 \pm 1,30$  en las muestras de los pueblos, de igual manera las muestras del río se encuentran valores elevados llegando a  $2,11 \pm 0,53$ , en el pueblo de Oidor fue donde se encontraron los valores más altos tal como se aprecia en la Figura 1. Analizando los resultados mostrados en la Figura 2, en el pueblo Rica Playa se encontraron bajas concentraciones de cadmio, cromo y plomo en el agua de consumo, sin embargo, en el agua superficial del río una alta concentración de plomo

( $107,542 \pm 0,335 \mu\text{g/l}$ ). Esto difiere a lo encontrado por (ANA et al., 2019) quienes encontraron una menor concentración ( $60 \mu\text{g/l}$ ) de plomo, estas diferencias entre concentraciones en distintos años puede deberse a la dinámica existente en el cuerpo de agua. Mientras que en el caso de las concentraciones de cadmio son concentraciones pequeñas y en cromo varias muestras resultaron con concentraciones por debajo del rango detectable del equipo.



**Figura 1.** Valores de pH y conductividad eléctrica de muestras obtenidas.

En Capitana la muestra CP3 se encontró con una concentración de  $3,20 \pm 0,07 \mu\text{g/l}$  de cadmio, fue la única muestra que sobrepasa ligeramente el límite puesto en la norma (LMP) siendo incluso mayor a lo encontrado en el río Tumbes ( $0,56 \pm 0,05 \mu\text{g/l}$ ), en el caso del cromo se encontraron algunas muestras con concentraciones por debajo del rango detectable del equipo, por otro lado las muestras CP1 ( $26,52 \pm 0,17 \mu\text{g/l}$ ), CP7 ( $13,79 \pm 0,19 \mu\text{g/l}$ ) y CP9 ( $38,72 \pm 0,05 \mu\text{g/l}$ ) se encontraron concentraciones elevadas de plomo sobrepasando lo permitido en la norma y la concentración encontrada en el río Tumbes ( $15,82 \pm 0,44 \mu\text{g/l}$ ). En Higuieron en las muestras de los domicilios se muestran niveles bajos de metales pesados en cadmio, cromo y plomo a excepción de la muestra

HG6 que mostro altos niveles de plomo  $72,3146 \pm 0,2637 \mu\text{g/l}$  sobrepasando los encontrados en el río Tumbes ( $29,25 \pm 0,03 \mu\text{g/l}$ ) sin embargo, ANA et al. (2019) encontró concentraciones mucho más altas que las reportadas en esta investigación. En oidor se ha encontrado las concentraciones más altas de plomo en los domicilios llegando hasta  $99,08 \pm 0,05 \mu\text{g/l}$  incluso mayores que la encontrada en el río  $26,57 \pm 0,54 \mu\text{g/l}$ . Esto puede deberse a un sistema de distribución de agua en mal estado como reporta (Chowdhury et al., 2018). En el pueblo de Vaquería se reportan concentraciones menores en comparación de otros pueblos, esto se debe a que cuentan con una planta de tratamiento, sin embargo, en vaquería se encuentra concentraciones altas en el río. En los pueblos de La Peña y San Jacinto comparten el mismo punto de captación en el río donde se encontró la concentración más alta de plomo  $194,889 \pm 0,3182 \mu\text{g/l}$  lo que es similar a lo reportado por (ANA et al., 2019) una concentración de  $152,4 \mu\text{g/l}$ , mientras que en los domicilios se encontró concentraciones bajas para los 3 elementos.

Por otro lado, en la Figura 3 se muestran graficas de correlación para los 3 elementos, en el caso del cadmio se encontró una relación de  $-0,8$  lo que indica una relación inversa de alta intensidad, el cromo se encontró una relación de  $-0,65$  lo que indica una relación inversa de mediana intensidad y por último el plomo se encontró una relación de  $-0,62$  lo que indica que tienen una relación inversa de mediana intensidad. Se muestra una disminución en las concentraciones de cadmio, cromo y plomo encontrado en los puntos de captación para el agua de consumo en los pueblos de capitana, higuieron y oidor puede deberse a que estos puntos de captación se encuentran en ubicados donde el caudal es lento al ser una línea recta lo que permite la precipitación de los metales, a diferencia del pueblo de Rica Playa que el punto de captación se encuentra en una curva pronunciada sin embargo se necesita una mayor investigación para su corroboración.

Por otro lado, las concentraciones en los pueblos de capitana, higuieron y oidor se evidencia un incremento de concentraciones de plomo en los domicilios en comparación a lo encontrado en sus puntos de captaciones, una de las posibles causas es un ineficiente sistema de distribución, la adición de plomo puede deberse también a la oxidación en la soldadura de los grifos de los domicilios (Chowdhury et al., 2018).

Además, en la Figura 3 se observa que en el caso de los pueblos de Vaqueria, La Peña y San Jacinto se observa un descenso significativo de los metales pesados en los domicilios a diferencia de los metales pesados encontrados en los puntos de captación de agua del río, esto puede deberse a que en estos puntos existe plantas de tratamiento de agua potable antes de ser distribuidas, estas plantas de tratamiento podrían disminuir las concentraciones de metales pesados.

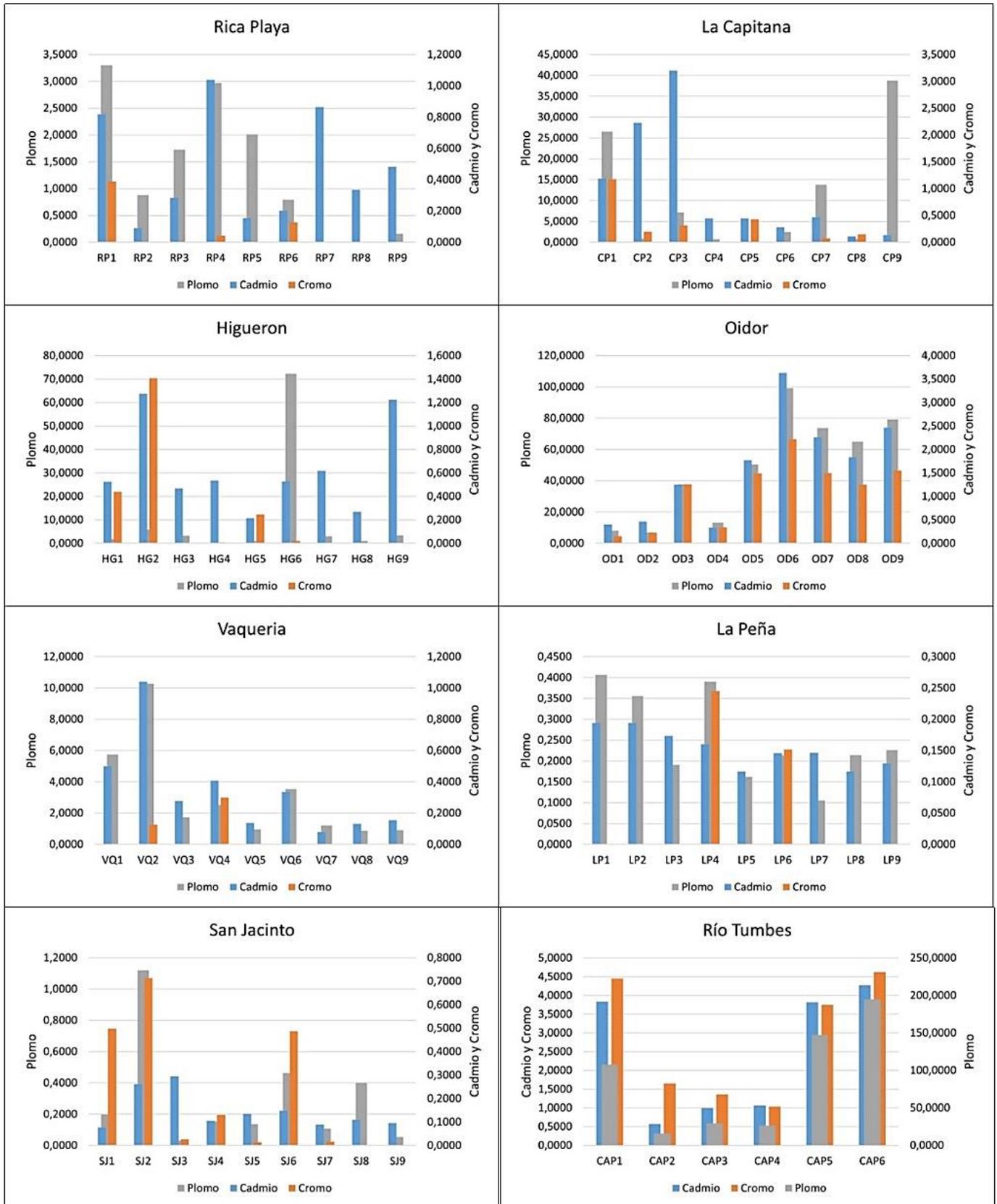


Figura 2. Concentración de metales pesados en los pueblos y en el río.

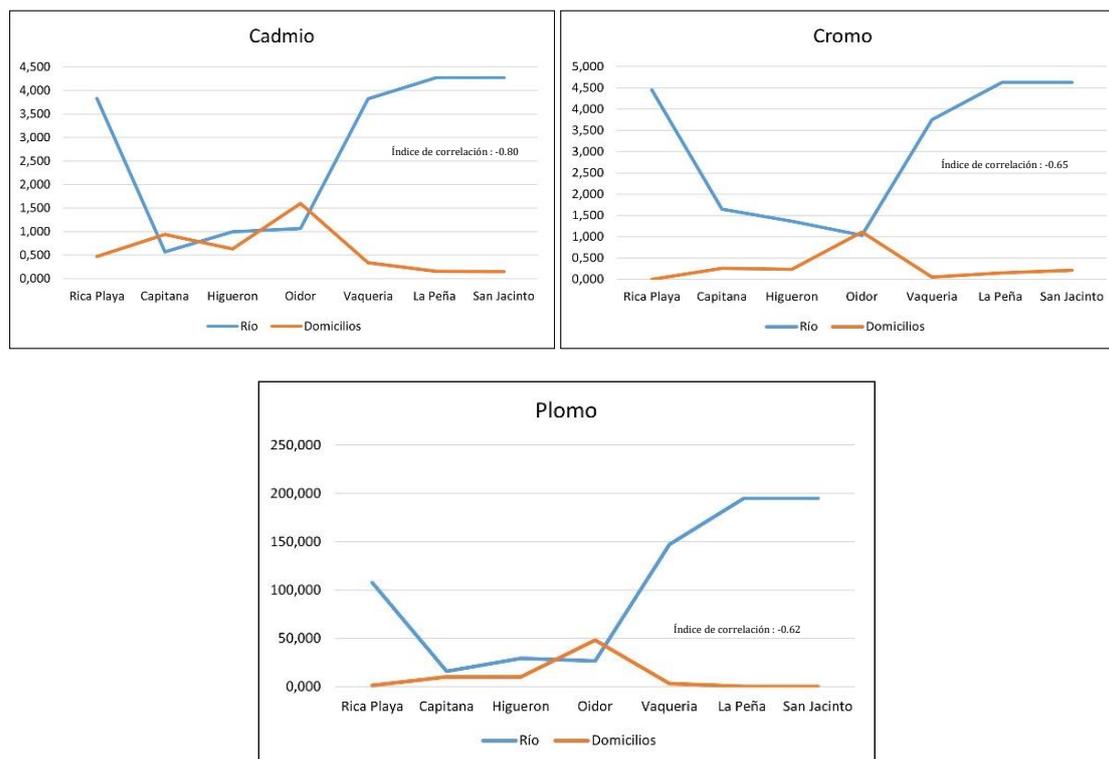


Figura 3. Correlación de concentraciones de metales pesados.

### CONCLUSIONES

La correlación entre las concentraciones de los metales pesados del agua superficial del río Tumbes y la concentración de los mismos en el agua de consumo de los domicilios resultó con índice de correlación negativa de mediana intensidad lo que refleja una relación inversa, quiere decir que mientras las concentraciones de metales pesados en el río disminuyen, las concentraciones de metales pesados en los domicilios aumentan, principalmente en los pueblos de Rica Playa, La Capitana, Higueron y Oidor lo que hace sospechar un ineficiente sistema de distribución.

En las muestras de agua superficial del río Tumbes se encontraron concentraciones de metales pesados bajas para el cadmio y el cromo, mientras que el plomo resultó en concentración muy altas. Mientras que en las muestras domiciliarias el pueblo de Oidor resultó con las concentraciones de

plomo más altas entre los domicilios a comparación con otros pueblos evaluados, por el contrario los pueblos de San Jacinto, La Peña y Vaquería se encontraron con las concentraciones más bajas de plomo en los domicilios. Por otro lado las concentraciones de cromo se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles en todas las muestras domiciliarias, mientras que las concentraciones de cadmio se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles a excepción de dos muestras (CP3 y OD6).

Estos datos encontrados ayudaran a conocer el nivel de contaminación por metales pesados existente en la zona y en qué cantidad llega a los domicilios. Para investigaciones futuras se recomienda evaluar el sistema de distribución de agua de consumo y las concentraciones de Arsénico y Mercurio.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a la Universidad Nacional de Tumbes, por el uso de ambientes y equipos para el análisis de muestras y los proyectos "Caracterización petrológica estructural térmica y como absorbentes de sillares (Ignimbritas) de Arequipa para su uso sostenible en aplicaciones constructivas y ambientales", financiado por el FONDECYT-SENCICO (contrato N° 122-2018-

FONDECYT) y al proyecto CANON financiado por la Universidad Nacional de Tumbes "Utilización de carbón activado y pro-bióticos inmovilizados en biocarbon para la reducción de contaminantes de los efluentes generados en el procesamiento de langostino pre tratado mediante aireación y filtración - Tumbes 2018".

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdu, N., & Mohammed, I. (2016). Adsorption-solubility equilibria and speciation of Pb, Cd, and Zn in a savanna soil. *Spanish Journal of Soil Science*, 6(3), 244-260.
- Abedi Sarvestani, R., & Aghasi, M. (2019). Health risk assessment of heavy metals exposure (lead, cadmium, and copper) through drinking water consumption in Kerman city, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 78(24), 714.
- ANA, A. N. del A., Zarumilla, A. A. del A. J., Agua, A. L. de, Aguilar Ylaquijo, F. Z., Burga Ramírez, G., & Mera García, A. (2019). Informe técnico del primer monitoreo participativo de la calidad de agua superficial de las cuencas del río Tumbes y Zarumilla. *Autoridad Nacional Del Agua*. Perú.
- Basta, N. T., & Tabatabai, M. A. (1992). Effect of cropping systems on adsorption of metals by soils: II. Effect of pH. *Soil Science*, 153(3), 195-204.
- Chowdhury, S., Kabir, F., Mazumder, M. A. J., & Zahir, M. H. (2018). Modeling lead concentration in drinking water of residential plumbing pipes and hot water tanks. *Science of The Total Environment*, 635, 35-44.
- Chowdhury, S., Mazumder, M. A. J., Al-Attas, O., & Husain, T. (2016). Heavy metals in drinking water: Occurrences, implications, and future needs in developing countries. *Science of the Total Environment*, 569-570, 476-488.
- Clark, R. M., & Hakim, S. (2014). Securing Water and Wastewater Systems. In R. M. Clark & S. Hakim (Eds.), *Securing Water and Wastewater Systems: Global Experiences*. Springer International Publishing.
- Fernández Yarlequé, J. (2019). Nivel de contaminación por metales pesados: Hg, Pb, As y Cianuro (CN<sup>-</sup>), en el nacimiento río Binacional Puyango--Tumbes (Perú--Ecuador). Universidad Nacional de Trujillo.
- Gavilanez Garcia, E. (2016). Estudio de la concentración del plomo en el agua del río Tumbes periodo 2012 - 2015 como causa de la minería aurífera y su relación con la salud de los pobladores del caserío de Rica Playa - 2016. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Tumbes.
- Huang, Z., Liu, C., Zhao, X., Dong, J., & Zheng, B. (2020). Risk assessment of heavy metals in the surface sediment at the drinking water source of the Xiangjiang River in South China. *Environmental Sciences Europe*, 32, Art. 23.
- Kaplan, O., Yildirim, N. C., Yildirim, N., & Tayhan, N. (2011). Assessment of Some Heavy Metals in Drinking Water Samples of Tunceli, Turkey. *E-Journal of Chemistry*, 8(1), 276-280.
- Kheboian, C., & Bauer, C. F. (1987). Accuracy of Selective Extraction Procedures for Metal Speciation in Model Aquatic Sediments. *Analytical Chemistry*, 59, 1417-1423.
- Li, G., Bae, Y., Mishra, A., Shi, B., & Giammar, D. E. (2020). Effect of Aluminum on Lead Release to Drinking Water from Scales of Corrosion Products. *Environmental Science & Technology*, 54(10), 6142-6151.
- Marshall, B. G., Veiga, M. M., da Silva, H. A. M., & Guimarães, J. R. D. (2020). Cyanide Contamination of the Puyango-Tumbes River Caused by Artisanal Gold Mining in Portovelo-Zaruma, Ecuador. *Current Environmental Health Reports*, 7, 303-310.
- Marshall, B. G., Veiga, M. M., Kaplan, R. J., Adler Miserendino, R., Schudel, G., Bergquist, B. A., Guimarães, J. R. D., Sobral, L. G. S., & Gonzalez-Mueller, C. (2018). Evidence of transboundary mercury and other pollutants in the Puyango-Tumbes River basin, Ecuador-Peru. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 20(4), 632-641.
- Mondal, D., Periche, R., Tineo, B., Bermejo, L. A., Rahman, M. M., Siddique, A. B., Rahman, M. A., Solis, J. L., & Cruz, G. J. F. (2020). Arsenic in Peruvian rice cultivated in the major rice growing region of Tumbes river basin. *Chemosphere*, 241, 125070.
- Mora, A., Jumbo-Flores, D., González-Merizalde, M., & Bermeo-Flores, S. A. (2016). Niveles de metales pesados en sedimentos de la cuenca del río Puyango, Ecuador. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(4), 385-397.
- Ng, D. Q., Liu, S. W., & Lin, Y. P. (2018). Lead as a legendary pollutant with emerging concern: Survey of lead in tap water in an old campus building using four sampling methods. *Science of the Total Environment*, 636, 1510-1516.
- Rezaei, H., Zarei, A., Kamarehie, B., Jafari, A., Fakhri, Y., Bidarpoor, F., Karami, M. A., Farhang, M., Ghaderpoori, M., Sadeghi, H., & Shalyari, N. (2019). Levels, Distributions and Health Risk Assessment of Lead, Cadmium and Arsenic Found in Drinking Groundwater of Dehgolan's Villages, Iran. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 11(1), 54-62.
- Silupú García, C. R., Solís Castro, R. L., Cruz Cerro, G. J. F., Gómez León, M. M., Solís Veliz, J. L., & Keiski, R. L. (2017). Caracterización de filtros comerciales para agua a base de carbón activado para el tratamiento de agua del río Tumbes - Perú. *Revista Colombiana de Química*, 46(3), 37-45.
- Tarras-Wahlberg, N., Flachier, A., Lane, S., & Sangfors, O. (2001). Environmental impacts and metal exposure of aquatic ecosystems in rivers contaminated by small scale gold mining: the Puyango River basin, southern Ecuador. *Science of The Total Environment*, 278(1-3), 239-261.
- Valenzuela Reyna, S. S. (2014). Ictiofauna y estado de conservación de la cuenca del río Tumbes. Universidad Mayor de San Marco.
- Yoshida, T., Yamauchi, H., & Fan Sun, G. (2004). Chronic health effects in people exposed to arsenic via the drinking water: Dose-response relationships in review. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 198(3), 243-252.
- Zhang, C., Yu, Z., gang, Zeng, G. Ming, Jiang, M., Yang, Z., Zhu, Cui, F., Zhu, M. Ying, Shen, L. Ging, & Hu, L. (2014). Effects of sediment geochemical properties on heavy metal bioavailability. In *Environment International*, 73, 270-281.