

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2969

Determinación de la carga másica de zinc en la Laguna

Pajuscocha, Ancash, Perú

Alex Santiago Uriarte Ortiz

alexuriarteortiz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4429-6678>

Universidad Ricardo Palma

Evilson Jaco Rivera

evilson.unfv@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7851-201X>

Universidad Federico Villarreal

Saida Margarita Cuadros Oria

saida.cuadros.oria@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7728-8271>

Universidad César Vallejo

Lima – Perú

Correspondencia: alexuriarteortiz@gmail.com

Artículo recibido: 15 julio 2022. Aceptado para publicación: 25 agosto 2022.

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Como citar: Uriarte Ortiz, A. S., Rivera, E. J., & Cuadros Oria, S. M. (2022). Determinación de la carga másica de zinc en la Laguna Pajuscocha, Ancash, Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 4675-4687. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2969

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.

RESUMEN

El artículo se enfoca en determinar la carga másica de zinc en el punto de ingreso del efluente minero a la Laguna Pajuscocha debido a que los efluentes que se descargan en la laguna presentan zinc y exceden la categoría 4 de la subcategoría lagunas y lagos (0,12 mg/l) establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua aprobado mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM emitido por el Ministerio del Ambiente del Perú. La investigación se desarrolló en dos fases. La primera fase de investigación se encuentra relacionada con la recopilación y tratamiento de datos en el punto de ingreso del efluente minero a la Laguna Pajuscocha y la segunda fase de investigación se encuentra vinculada con la caracterización del efluente minero, análisis de las variables caudal, concentración de zinc y tiempo y la determinación de la carga masa de zinc.

Finalmente, mediante la ejecución de las dos fases permitió determinar la carga de la masa de zinc en el punto de ingreso del efluente minero a la Laguna Pajuscocha, siendo de 5062.14 kilogramos dentro del periodo 2016 a 2021.

Palabras clave: efluente; concentración de zinc; caudal; carga másica de zinc; Laguna Pajuscocha

Determination of the zinc mass load in lagoon Pajuscocha, Ancash, Peru

ABSTRACT

The article focuses on determining the mass load of zinc at the point of entry of the mining effluent to the Pajuscocha Lagoon, since the effluents that are discharged into the lagoon present zinc and exceed category 4 of the lagoons and lakes subcategory (0, 12 mg/l) established in the Environmental Quality Standards for Water approved by Supreme Decree No. 004-2017-MINAM issued by the Ministry of the Environment of Peru. The research was developed in two phases. The first phase of research is related to the collection and treatment of data at the point of entry of the mining effluent to Laguna Pajuscocha and the second phase of research is linked to the characterization of the mining effluent, analysis of the variables flow, concentration of zinc and time and the determination of the mass load of zinc. Finally, through the execution of the two phases, it was possible to determine the load of the zinc mass at the point of entry of the mining effluent to the Laguna Pajuscocha, being 5062.14 kilograms within the period 2016 to 2021.

Keywords: effluent, zinc concentration, flow rate, mass zinc load, Laguna Pajuscocha.

INTRODUCCIÓN

La Laguna Pajuscocha está ubicada en el paraje de la Quebrada Contonga y Tucush, distrito de San Marcos, provincia de Huari, departamento de Ancash. (Nyrstar,2013). La Laguna Pajuscocha es la fuente natural de agua que abastece al centro poblado de Ccarhuayoc, ubicado aguas abajo de la laguna, este recurso es usado con fines agropecuarias, asimismo alberga ciento dos especies de flora, treinta y cinco especies de fauna (veinte y cinco de aves, nueve de mamíferos, uno de reptiles), dos familias de peces (familia Pinelodidae y familia Salmonidae) y es cuerpo receptor del efluente minero de la Unidad Minera Cotonga, efluente que se caracteriza por contener concentraciones de zinc (Nyrstar,2013).

En ese contexto, los efluentes mineros con presencia de zinc podrían generar una afectación al sedimento, flora y fauna de la Laguna Pajuscocha. Los síntomas de toxicidad por zinc en la flora provocaría la reducción del crecimiento de las plantas, acumulaciones indeseables en los tejidos (DIGESA,2022), desbalance metabólico generalizado en las células, el amarillamiento de las hojas (clorosis), crecimiento atrofiado, disminución de frutos y semillas (Amezcuca, 2017), inhibición de la fijación del dióxido de carbono, el transporte de los hidratos de carbono en el floema y la alteración de la permeabilidad de la membrana celular (Casierra,2005).

Así también, las bajas concentraciones de metales pesados (Cu, Zn, Pb, Ni, Cr, Mn) pueden causar en la fauna acuática (peces) efectos adversos: estrés crónico que no pueden matar a los peces pero que pueden conducir a la disminución de peso y tamaño y a la reducción de la capacidad de competir por alimento y hábitat (Vosyliené & Jankaitė, 2006). Así también, el exceso de zinc en los seres vivos puede alterar sus procesos bioquímicos o fisiológicos ocasionando diversas patologías (Londoño et al., 2016).

Además, Nyrstar (2013) determinó que la calidad del agua de la Laguna Pajuscocha contiene nitratos, nitrógeno amoniacal, plomo y zinc de acuerdo a las evaluaciones realizadas en dos estaciones de monitoreo localizadas en el interior de la laguna y en relación a la calidad del sedimento concluyó que las seis muestras colectadas en las zonas profundas de la laguna (centro de la laguna) contenían zinc que fueron superiores a los niveles de efecto medio (120 mg/kg) y los niveles de efecto severo (820 mg/kg) según lo referido por la calidad de sedimentos del Ministerio de Medio Ambiente y Energía de Ontario para Nutrientes y Metales (1992) y al comparar los valores obtenidos con la normativa de Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (2003) se determinó que las seis muestras evaluados fueron superiores a los valores de ocurrencia de efectos adversos sobre organismos acuáticos (123 mg/kg) y los niveles de efectos biológicos adversos probables (315 mg/kg).

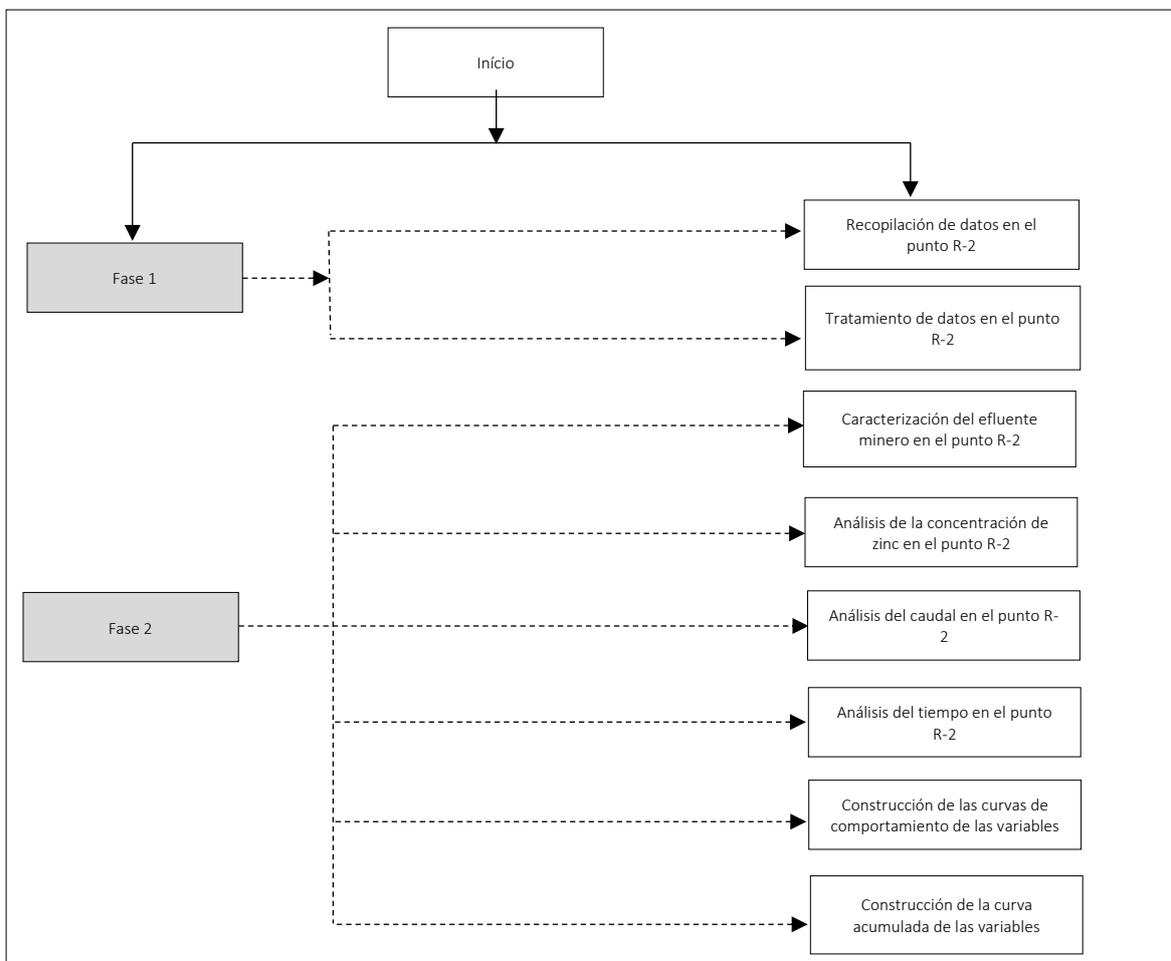
Finalmente, Nyrstar (2013) detalló que el área de influencia indirecta fue delimitada considerando la microcuenca en la que se ubica la Laguna Pajuscocha, dentro de dicha área se encuentra incluida el componente socioeconómico, ubicándose las comunidades de Huaripampa, Carhuayoc y Ango.

Por tanto, la presente investigación tiene como objetivo determinar la carga másica de zinc en el punto de ingreso del efluente minero a la Laguna Pajuscocha ya que la acumulación progresiva del zinc en la laguna representa un potencial riesgo de afectación negativa en la composición del ecosistema, entorno de la laguna y en los usuarios de los centros poblados de Carhuayoc, Carash, Pacash, Huancha y San Marcos, ubicados en la parte baja de la Laguna Pajuscocha.

METODOLOGÍA

El desarrollo metodológico de la investigación comprende la fase 1: recopilación y tratamiento de datos en el punto de ingreso del efluente minero a la Laguna Pajuscocha (denominado punto R-2) y la fase 2: caracterización del efluente minero, análisis de las variables concentración de zinc, caudal y tiempo y la determinación de la carga másica de zinc en el punto R-2 dentro del periodo 2016 a 2021 (Ver Figura 01)

Figura 01: Fases de la Investigación



El proceso de recopilación de datos en el punto R-2 se inició solicitando los reportes de monitoreo trimestrales de calidad de agua superficial de la Unidad Minera “Contonga” dentro del periodo de 2016 a 2021 a la Oficina de Acceso a la Información Pública del

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), organismo técnico especializado adscrito al Ministerio del Ambiente del Perú. Los reportes contienen los resultados de los monitoreos de calidad de agua superficial en el punto R-2, punto que se describe en el Cuadro 01 y se visualiza en la Figura 02 y Figura 03:

Cuadro 01: Descripción del punto R-2

Puntos de Monitoreo	Coordenadas WGS		Altitud (msnm)	Descripción
	Norte	Este		
R-2	894 904 3	271 278	4 030	Punto de ingreso del efluente minero a la Laguna Pajuscocha

Figura 02. Mapa de ubicación del punto R-2

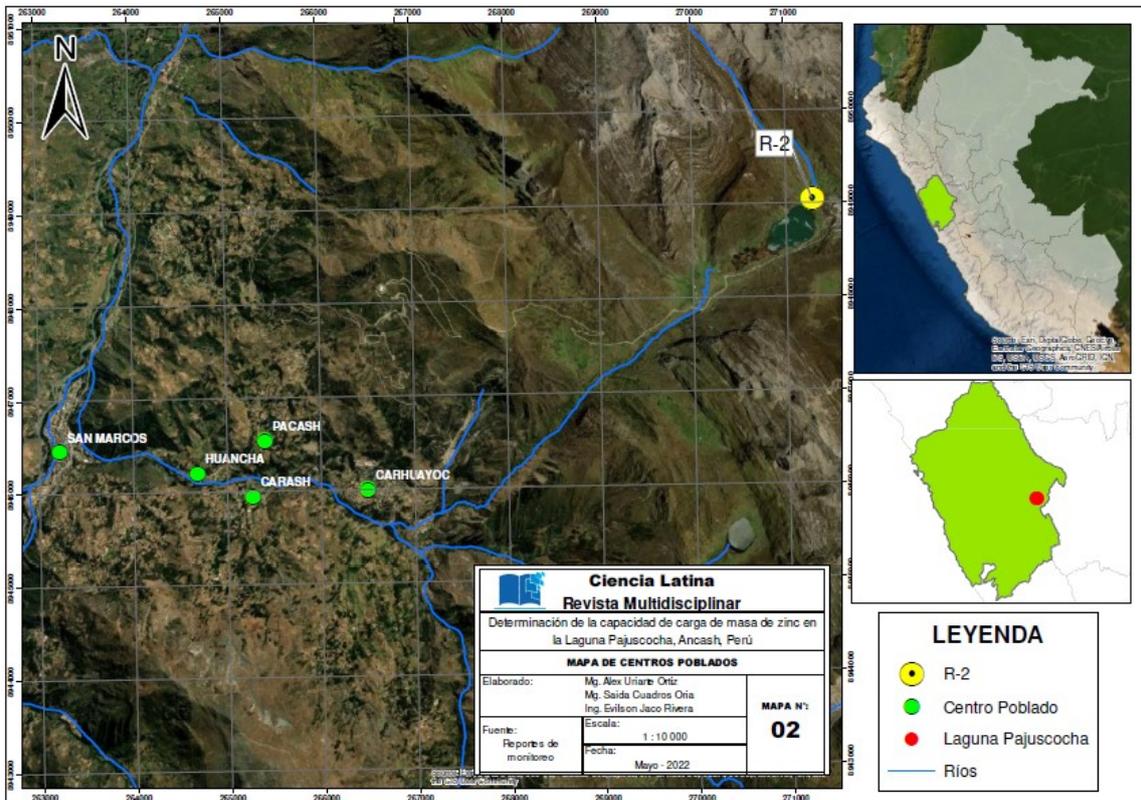
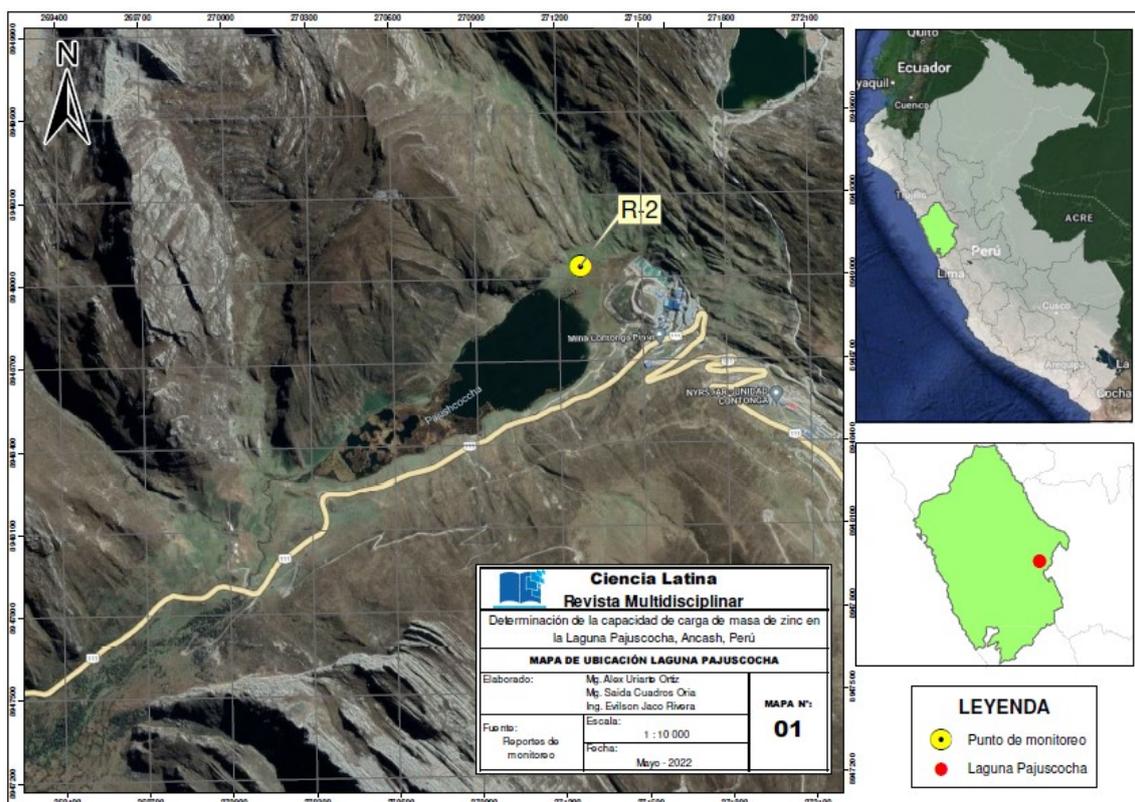


Figura 03. Mapa de ubicación del punto R-2, próximo a los centros poblados



Por otro lado, los resultados de monitoreo en el punto R-2 que obran en los reportes de monitoreo, tienen carácter oficial ya que se enmarcan dentro de las obligaciones ambientales de la Unidad Minera Contonga establecida en su instrumento de gestión ambiental, compromiso que establece que la unidad minera debe realizar los monitoreos en el punto R-2 y presentar los reportes de monitoreo ambiental ante el OEFA. Además, las muestras de los efluentes mineros tomadas en el punto R-2 fueron evaluadas mediante un laboratorio y un método de análisis acreditados ante el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) del Perú.

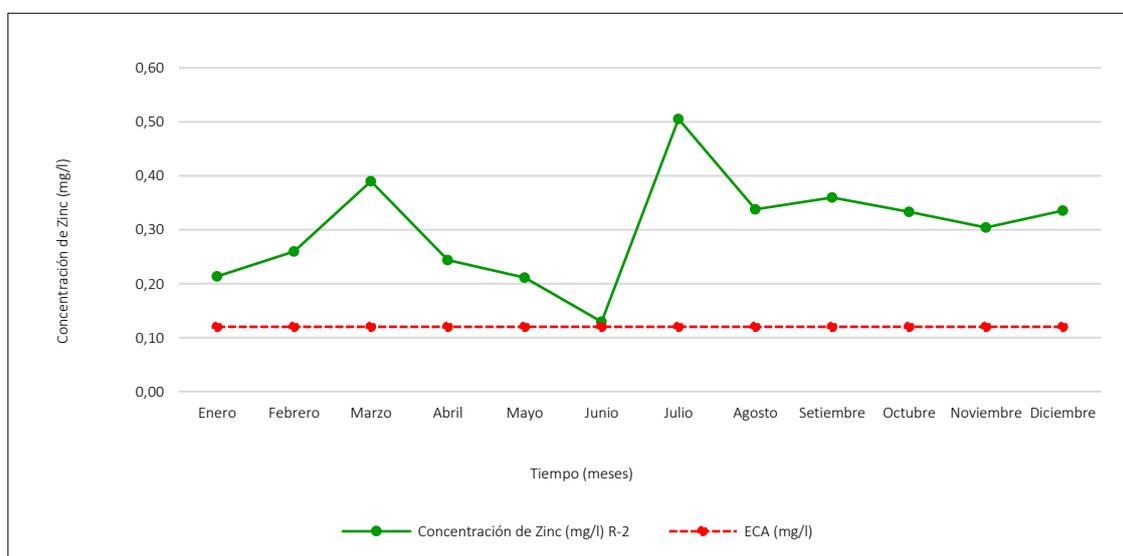
Caracterización del efluente minero en el punto R-2

La caracterización del efluente minero en el punto R-2 permitió verificar que el efluente excedió la categoría 4 de la subcategoría lagunas y lagos (0,12 mg/l) establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua aprobado mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM emitido por el Ministerio del Ambiente del Perú, durante el periodo de 2016 a 2021.

Cuadro 02: Comportamiento del zinc en el punto R-2

Periodo (2016-2021)	R-2 (Promedio Mensual mg/l)	ECA (mg/l)
Enero	0.21	0.12
Febrero	0.26	0.12
Marzo	0.39	0.12
Abril	0.24	0.12
Mayo	0.21	0.12
Junio	0.13	0.12
Julio	0.51	0.12
Agosto	0.34	0.12
Setiembre	0.36	0.12
Octubre	0.33	0.12
Noviembre	0.30	0.12
Diciembre	0.34	0.12

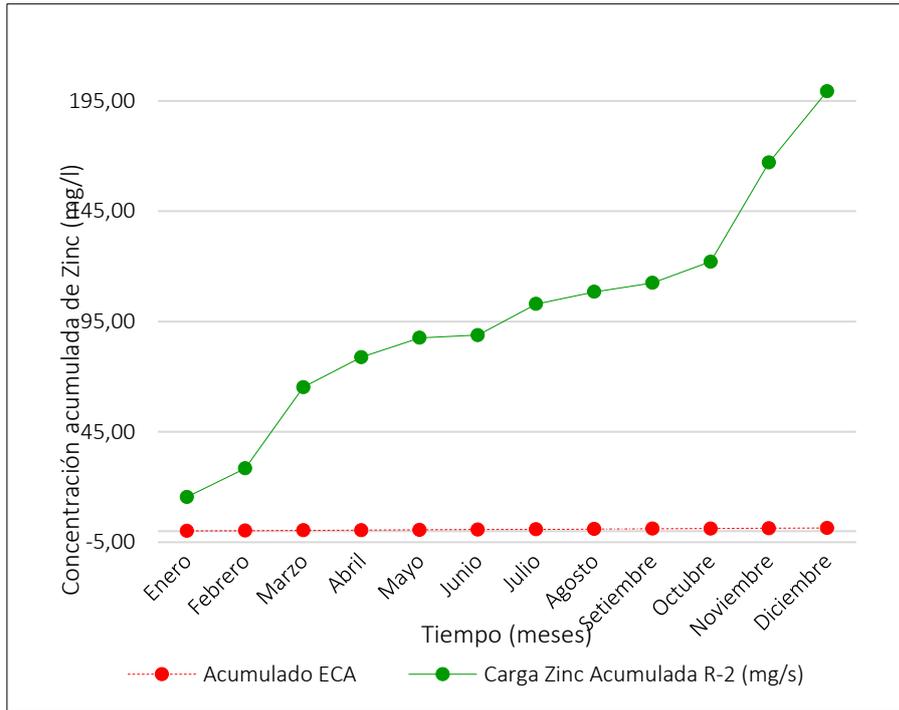
Gráfica 01. Concentración del zinc vs ECA en el punto R-2



Cuadro 03: Comparación de curvas acumulativas entre el punto R-2 y ECA

Promedio mensual (2016-2021)	Carga Zinc Acumulada R-2 (mg/s)	Acumulado ECA (mg/l)
Enero	15.51	0.12
Febrero	28.43	0.24
Marzo	65.24	0.36
Abril	78.89	0.48
Mayo	87.60	0.60
Junio	88.84	0.72
Julio	102.95	0.84
Agosto	108.45	0.96
Setiembre	112.52	1.08
Octubre	122.14	1.20
Noviembre	167.11	1.32
Diciembre	199.40	1.44

Gráfico 02: Comparación de curvas acumulativas entre el punto R-2 y ECA



Análisis de las variables concentración de zinc, caudal y tiempo en el punto R-2

El análisis de las variables permitió verificar el comportamiento de las variables: concentración de zinc, caudal y tiempo en punto R-2 para proseguir con la determinación de la carga másica del zinc dentro del periodo 2016 al 2021

Determinación de la carga másica del zinc en el punto de monitoreo R-2

En la presente fase se procedió a aplicar la ecuación establecida por la Agencia de Medio Ambiente (1998) del Instituto de Hidrología, Meteorología y Asuntos Ambientales, organismo conformante del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia; obteniéndose la carga másica de zinc durante el periodo de 2016 a 2021:

$$W = C \times Q$$

W : Carga másica (kg/mes)
Q : Caudal (l/s)
C : Concentración (mg/l)

Cuadro 04: Carga másica de zinc en el punto de monitoreo R-2

Periodo (2016-2021)	R-2 (Promedio Mensual mg/l)	Caudal Promedio R-2 (l/s)	Carga Zinc (kg/mes)	R-2
Enero	0.21	72.60	41.54	
Febrero	0.26	49.81	31.26	
Marzo	0.39	94.41	98.59	
Abril	0.24	56.03	35.38	
Mayo	0.21	41.25	23.32	
Junio	0.13	9.56	3.21	
Julio	0.51	27.94	37.82	
Agosto	0.34	16.26	14.72	
Setiembre	0.36	11.33	10.56	
Octubre	0.33	28.91	25.77	
Noviembre	0.30	148.01	116.55	
Diciembre	0.34	96.18	86.48	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto a los resultados podemos indicar lo siguiente:

Excedencia del ECA en el punto R-2

De acuerdo a los resultados obrantes en el Cuadro 02 se concluyó que los valores numéricos en el punto R-2 excedieron la categoría 4 de la subcategoría lagunas y lagos (0,12 mg/l) establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua aprobado mediante el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM emitido por el Ministerio del Ambiente del Perú, durante el periodo de 2016 a 2021, evidenciándose un potencial peligro de afectación negativa en la composición del ecosistema, entorno de la laguna y en los usuarios ubicado en la parte baja de la Laguna Pajuscocha.

En esa línea Eisler (1993) observó efectos adversos del zinc en el crecimiento, supervivencia y reproducción, en las especies más representativas y sensibles de plantas acuáticas, protozoos, esponjas, moluscos, crustáceos, equinodermos, peces y anfibios, en concentraciones de zinc disuelto en agua entre 10 y 25 µg/l (rango: 0,01 mg/l y 0,025 mg/l) basados en estudios de agua dulce y de mar. Pabón (2020) indica que los metales pesados como el zinc, son liberados hacia ecosistemas acuáticos y los suelos debido a diversas actividades antropogénicas como la minería y representa una seria amenaza para las plantas, animales e incluso los humanos debido a su persistencia, bioacumulación y su toxicidad a bajas concentraciones. Cazorla L. et al., (2005) precisaron que el zinc no

es biodegradable y por el contrario se acumulan a lo largo de la cadena trófica; en un análisis realizado a los sedimentos del río Almendares muestran que los niveles de zinc son superiores a aquellos donde comienzan a manifestarse los efectos adversos hacia la biota, y en algunas estaciones incluso, superiores a los que indican severos impactos en la biota.

En el presente estudio, los valores de zinc exceden el rango indicado por Eisler (1993) y de acuerdo con los otros autores se evidencia que las altas concentraciones de zinc afectarían el crecimiento, supervivencia y reproducción de la biota característica de la Laguna Pajuscocha y a repercusión en las personas por la bioacumulación y su toxicidad.

Comportamiento de las variables caudal y concentración de zinc dentro del periodo 2016 a 2021

La variable caudal en el punto R-2 presentó los siguientes resultados: un caudal promedio de 54.32 l/s, un caudal mínimo de 5.90 l/s en el mes de setiembre del año 2018 (época de estiaje) y un caudal máximo de 402.94 l/s en el mes de marzo del año 2018 (época de avenida). La variable concentración de zinc promedio fue de 0.30 mg/l, una concentración mínima de zinc 0.25 mg/l y la concentración máxima de zinc 1.43 mg/l.

CONSIDERACIONES FINALES

Finalmente, de acuerdo al balance dentro del periodo de 2016 a 2021, se determinó que la Laguna Pajuscocha tiene 5062.14 kilogramos de carga másica de zinc equivalente a 5.1 toneladas, elemento químico que viene sedimentándose, representando un riesgo potencial de afectación a la fauna y flora característica de la laguna y sus usos posteriores del recurso hídrico por las poblaciones de los centros poblados de Carhuayoc, Carash, Pacash, Huancha y San Marcos.

LISTA DE REFERENCIAS

- Agencia de Medio Ambiente (1998). Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante, La Habana, Cuba. Recuperado el 28 de abril de 2022, de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021117/Carga_Organica.pdf
- Amezcuca, J., y Lara, M. (2017). El zinc en las plantas. *Ciencia*, 68(3), 32-33. Recuperado el 30 de marzo de 2022, de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_plantas.pdf
- Casierra, F., y Poveda, J. (2005). La toxicidad por exceso de Mn y Zn disminuye la producción de materia seca, los pigmentos foliares y la calidad del fruto en fresa (*Fragaria sp. Cv. Camarosa*). *Agronomía Colombiana*, 23(2), 283-289. Recuperado el 30 de marzo de 2022, de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v23n2/v23n2a13.pdf>
- Dirección General de Salud Ambiental (2022). *Informe técnico de ecología y medio ambiente. Informe técnico ambiental para agua (GESTA AGUA) riego de vegetales y bebidas de animales*. Recuperado el 30 de marzo de 2022, de <http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/informes.asp>
- Eisler, R., (1993). "Zinc Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review", U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Service Patuxent Wildlife Research Center, Contaminant Hazard Reviews Report 26, Biological Report 10. Recuperado el 20 de mayo de 2022, de https://pubs-er.usgs.gov/translate/goog/publication/5200116?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=sc
- Lázaro L. C., Susana O. R., Isaida C., Daniel M. y Reinaldo G. C., (2005). Niveles de Plomo, Zinc, Cadmio y Cobre en el Río Almendares, Ciudad Habana, Cuba. Recuperado el 20 de mayo de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/370/37021302.pdf>
- Londoño, L., Londoño, P. y Muñoz, F. (2016). Riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. Recuperado el 01 de abril de 2022, de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
- Nystar Perú (2013). *Segundo informe de avance del estudio ambiental integral de la Laguna Pajuscocha, Huari Ancash*.
- Ministerio del Ambiente (2010). Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicas aprobado mediante D.S. N° 010-2010-MINAM. Recuperado el 2 de febrero de 2022, de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_010-2010_minam.pdf

- Pabón, S.E., Benítez, R., Sarria-Villa, R.A., y Gallo, J.A. (2020). Contaminación del Agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. Recuperado el 20 de mayo de 2022, de <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v14n27/1909-8367-ecei-14-27-9.pdf>
- Vosylienė, M. y Jankaitė, A. (2006). Effect of heavy metal model mixture on rainbow trout biological parameters. *Ekologija*, 4, 12-17. Recuperado el 01 de abril de 2022, de http://www.elibrary.lt/resursai/LMA/Ekologija/Eko64/Eko64_05.pdf