

## CONTAMINACIÓN CON METALES PESADOS EN SEDIMENTOS Y TRUCHAS EN LOS RÍOS OPAMAYO Y SICRA, HUANCAVELICA-PERÚ

### CONTAMINATION WITH HEAVY METALS IN SEDIMENTS AND TROUT IN THE OPAMAYO AND SICRA RIVERS, HUANCAVELICA-PERÚ

Luis Quispealaya <sup>1</sup>  • Luz M. Acharte <sup>1</sup>  • Amadeo Enríquez <sup>1</sup>  • Jeny M. Asto <sup>1</sup> 

#### Resumen

El objetivo fue determinar concentración de metales pesados en sedimentos y truchas en los ríos Opamayo y Sicra; la problemática es, existencia metálica dañina en vida hídrica, la metodología fue aplicada, desarrollada con especialistas en minería, química, ambiental; en campo se recolectaron muestras en cauces acuáticos, en laboratorio con técnicas de tamizado, balanza analítica; y Espectrofotómetro de Absorción atómica THERMOCIENTIFIC ISO 3000 SERIES; resultaron en sedimentos: Plomo (Pb=0,07 mg/L), arsénico (As=0.04 mg/L), cadmio (Cd= 0,013 mg/L), cromo (Cr=0,05 mg/L); encontrándose por debajo del nivel máximo permitido Decreto Supremo D.S N° 0015-2015-MINAM. Las concentraciones de metales pesados en truchas en el Rio Opamayo superan a las del río Sicra: En arsénico 0,804 mg/kg, cadmio en 0,086 mg/kg, cromo en 0,227 mg/kg y plomo en 1,659 mg/kg de concentración; por tanto: Según CODEX STAN 193-1995 “Norma para contaminantes y toxinas en

alimentos y piensos”; en promedio están por debajo de los límites máximos permisibles. Concluyendo, en ambos ríos están los metales pesados, pero; en acuíferos del Opamayo, contaminados por la minería existe mayor concentración.

**Palabras clave:** Metales pesados, sedimentos, truchas, minería

#### Abstract

The objective was to determine the concentration of heavy metals in sediments and trout in the Opamayo and Sicra rivers; the problem is, harmful metallic existence in hydric life, the methodology was applied, developed with specialists in mining, chemistry, environment; In the field, samples were collected in aquatic channels, in the laboratory with sieving techniques, analytical balance; and THERMOCIENTIFIC ISO 3000 SERIES Atomic Absorption Spectrophotometer; The following sediments resulted: Lead (Pb = 0.07 mg / L), arsenic (As = 0,04 mg/L), cadmium (Cd = 0,013 mg/L), chromium (Cr = 0,05 mg/L); being below the maximum permitted level Supreme Decree D.S. N° 0015-2015-MINAM. The heavy metal concentrations in trout in the Opamayo River exceed those of the Sicra River: In arsenic 0.804 mg/kg,

✉ Luis Quispealaya  
luis.quispealaya@unh.edu.pe

<sup>1</sup> Universidad Nacional de  
Huancavelica

Jr. Victoria Garma N° 275 y Jr.  
Hipólito Unanue N° 280  
Huancavelica, Perú

cadmium in 0,086 mg / kg, chromium in 0,227 mg / kg and lead in 1,659 mg / kg concentration; therefore: According to CODEX STAN 193-1995 "Standard for contaminants and toxins in food and feed"; on average they are below the maximum permissible limits. In conclusion, in both rivers are heavy metals, but; in Opamayo aquifers, contaminated by mining, there is a higher concentration.

Keywords: Heavy metals, sediments, trout, mining

### 1. Introducción

En la actualidad, muchos sistemas hídricos ubicados en cuencas por debajo de zonas de extracción minera, sufren degradaciones del suelo y en su vida acuática a causa de la contaminación con drenajes mineros, referida realidad observada, existente en la naturaleza por la acción laboral del hombre; nos conllevaron a los investigadores, a través de la Línea de Investigación: Preservación de la biodiversidad y el ecosistema de la zona de influencia del proyecto CAMISEA, realizar el estudio muy en particular referido a metales pesados en sedimentos y truchas en los Ríos Opamayo y Sicra, áreas de influencia minera de la Región Huancavelica, en referencia al tema, muchos de los contaminantes que ingresan a un cuerpo de agua superficial, por vía natural o antropogénica, quedan retenidos en los sedimentos que se depositan en el fondo del cauce, causando efectos tóxicos sobre los sistemas acuáticos (Esteves *et al.*, 1996; Bohn *et al.*, 2001). También, Campos (1990) sustenta, los compuestos que poseen metales pesados, pueden transformarse, pero esos elementos metales continúan en el entorno,

acumulándose a modo de iones o integrantes orgánicos en cuerpos por mucho tiempo.

En relación al estudio, Munive, R. V. (2018). Suelos contaminados con metales pesados. Tesis doctoral, UNALM, p.13, refiere; existen dos grupos de metales pesados: Los Oligoelementos (micros nutrientes) como As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Mn, Ni, Se y Zn; son necesarios en pequeñas cantidades para el ciclo vital de plantas y animales; pasado el umbral son tóxicos. En cambio, los metales pesados sin función biológica; como Cd, Hg, Pb, Cu, Ni, Sb, Bi, presentes en seres vivos resultan enormemente tóxicos y se acumulan en organismos vivos. También, Huaraca *et al.*, (2020). Enmiendas orgánicas en la inmovilización de cadmio en suelos orgánicos contaminados. Huaraca *et al.*, (2020), menciona, el cadmio es un metal pesado sin funciones biológicas esenciales, causa gran preocupación en el medio ambiente debido a su toxicidad para animales y seres humanos; concluyó, las enmiendas orgánicas como compost, residuos de cultivos, abonos de estiércol, desechos sólidos, mejoran la inmovilización del Cd en suelos agrícolas contaminados. Asimismo; Cayetano, P. (2019). Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados, Instituto Nacional de Salud, Boletín Tecnológico N° 3-Año 2019, Lima, p. 4-64, opina; un aspecto a destacar es la tendencia hacia lo biológico considerando la química verde y el cuidado del medio ambiente. El plomo es elemento químico tóxico con característica de acumularse, afectar al organismo, sistemas neurológico, hematológico, gastrointestinal, cardiovascular y renal; el

Cadmio tiene efectos tóxicos en el riñón, en el sistema óseo, respiratorio; posee clasificación carcinógena en el ser humano y finalmente entre las tecnologías, indica: Tratamiento biológico usando microorganismos, tratamiento biológico usando plantas, floculación o precipitación, métodos electroquímicos, osmosis, intercambio iónico, campos magnéticos o eléctricos y practicar vigilancia tecnológica. En referencia al tema, Arnous O.M. *et al.*, 2015; Yuang G.L. *et al.*, 2014; menciona que la Organización Mundial de la Salud (OMS) establecieron niveles de riesgo respecto a la concentración de metales en aguas de consumo humano y alimentos, señala; distintas regiones del mundo revelan significativo aumento en la concentración por encima de los límites permisibles; clasificándolos de alto riesgo. Por otro lado, Spampa, M. (2020), opinó acerca del escenario futuro posible, la situación es de tal gravedad, los virus que vienen azotando a la humanidad en los últimos tiempos están directamente asociados a la destrucción de los ecosistemas es una problemática ambiental, desde otro ángulo el colapso climático, se necesita reconciliación con la naturaleza y no destrucción.

No obstante, es importante considerar que los seres vivos requieren pequeñas cantidades de estos metales para varias funciones biológicas, una escasa o excesiva concentración de éstos pueden alterar procesos bioquímicos y/o fisiológicos en el organismo; sin embargo, con el presente estudio, se pretende contribuir y ampliar conocimientos (saber, sabiduría, tener noción de algo, comprender por medio de la razón, información adquirida por experiencia

de una realidad; referidas por: Andi, 2004, p. 292; RAE, 2010; Hernández, Zapata y Mendoza 2014) en la humanidad de una parte específica de la realidad, de la presencia y/o ausencia de metales pesados delimitándonos en sedimentos y truchas, sirva al menos de prevención de enfermedades; es necesario evitar la degradación de la vida acuática a fin de proteger el desarrollo sostenible de la vida humana en el entorno de la cuenca hidrográfica, encaminando a repensar actitudes en el humano; explorar tecnologías que permitan cesar contaminaciones nocivas.

La investigación se justifica, por determinar legalmente si la concentración de metales están dentro o fuera de los límites permisibles del D.S N° 0015-2015-MINAM; socialmente se justifica por prevenir la salud de los pobladores, en lo técnico científico por cuantificar resultados experimentales en laboratorio; en lo ecológico, porque a través del conocimiento experimental, pueda emprenderse a futuro investigaciones para salvaguardar sobrevivencia de truchas, especies o sedimentos en riesgo o bien coadyuve al descubrimiento de nuevas tecnologías ecológicas. En razón a los señalados, el objetivo fue: Determinar la concentración de metales pesados en sedimentos y truchas de los ríos Opamayo y Sicra, áreas de influencia minera Región Huancavelica 2018. Cabe señalar, atravesamos dificultades con toma de muestras en áreas mineras por ser privadas; otra limitante fue la carencia de laboratorios en el entorno regional; como equipos de espectrometría de masas.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Materiales

Materiales para la obtención de datos y muestras en campo.

### 2.2 Métodos

El tipo de investigación fue experimental o práctico, nivel explicativo. También es cuantitativo; ya que los resultados de evaluaciones en laboratorio de sedimentos y truchas, se han ponderado la concentración de los elementos metales en mg/L y en mg/ Kg; respectivamente; la recolección de sedimentos es un método de colecta y la recolección de ejemplares de truchas es un método físico con redes y trampas; la población fue la totalidad acuífera del Opamayo y el río Sicra; siendo

las muestras obtenidas de puntos de intersecciones de drenajes mineros con la vertiente natural del río Opamayo y puntos seleccionados del río Sicra; todos los puntos estratégicos georreferenciados con GPS Garmin, con coordenadas UTM; las muestras protegidas y transportadas a los laboratorios hasta el análisis químico mediante espectroscopia de absorción atómica, para los sedimentos; y las muestras de truchas colectadas fueron analizadas por el Laboratorio TYPESA PERU S.A.C., mediante equipos de Espectrometría de Masas mediante Plasma de Acoplamiento Inductivo" (ICP-MS).

<b>Materiales para obtención de datos y recogida de muestras de sedimentos</b>	<b>Materiales para obtención de datos y muestras de truchas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Protocolo de actividad de muestreo</li><li>- Mapas referenciales de la zona de estudio.</li><li>- Fichas de campo.</li><li>- Libreta de registro de datos.</li><li>- Cuchara de acero inoxidable.</li><li>- Pomos de vidrio para colección de sedimentos.</li><li>- Lápices y marcadores de tinta indeleble.</li><li>- Guantes de látex.</li><li>- Cooler</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Protocolo de actividad de muestreo.</li><li>- Mapas referenciales de la zona de estudio.</li><li>- Fichas de campo.</li><li>- Libreta de registro de datos.</li><li>- Malla de redes o atarraya; caña.</li><li>- Material biológico trucha arcoíris.</li><li>- Cooler</li></ul>
<b>Instrumentos utilizados</b>	<b>Instrumentos utilizados</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>GPS</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>GPS</b></li></ul>
<b>Equipos, instrumentos de laboratorio y reactivos</b>	<b>Equipos e instrumentos de laboratorio</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica Marca THERMOCIETIFIC ICE3000, SERIE: AA ESPECTROMETER S155111.</li><li>- Tamizador</li><li>- Ácido nítrico y clorhídrico.</li><li>- Digestor</li><li>- Fiola de 100 ml.</li><li>- Tubos de vidrio de 50 ml.</li><li>- Computadora CPU.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- "Espectrometría de Masas mediante Plasma de Acoplamiento Inductivo" (ICP-MS), para necton (peces marinos o como de agua dulce).</li></ul>

## 3. Resultados

### 3.1 Puntos de muestreo de trucha en el Río Opamayo

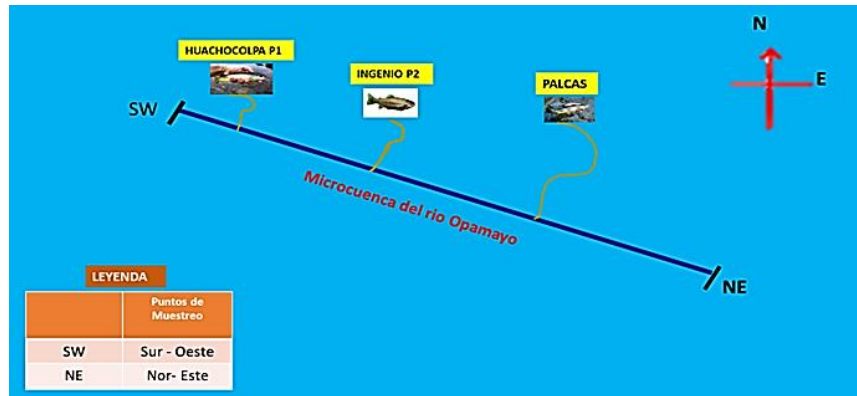
Punto 1: (P1- Río Opamayo parte Huachocolpa) con coordenadas UTM E: 506240 N: 8556701 altitud 4008 m.s.n.m.;

Punto 2: (P2-Río Opamayo parte Ingenio) con coordenadas UTM E: 513996 N: 8566114 altitud 3630; Punto 3: (P3-Río Opamayo parte Río Palcas) con coordenadas UTM E: 518818 N: 8565236 altitud 3475; como se muestra en la Figura N° 01. El monitoreo de recurso

hidrobiológico (necton), fue en puntos de monitoreo específicos, considerando la metodología de toma de muestras establecida en el documento “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton,

bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú”. Así como realizar el ensayo en laboratorio de cada una de las muestras hidrobiológicas recolectadas.

**Fig. 1** Puntos de muestreo de trucha del Río Opamayo.



**Fig. 2:** Toma de muestras y experimentos en laboratorio.



Los resultados de análisis de truchas de los puntos de la Cuenca Hidrográfica del Río Opamayo (P1- Río Opamayo parte Huachocolpa) con coordenadas UTM E: 506240 N: 8556701 altitud 4008 m.s.n.m.;

(P2-Río Opamayo parte Ingenio) con coordenadas UTM E: 513996 N: 8566114 altitud 3630; (P3-Río Opamayo parte río Palcas) fueron como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Resultados analíticos de metales pesados en necton

HUACHOCOLPA			INGENIO P2			PALCAS P3		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Arsénico	mg/Kg	0.285	Arsénico	mg/Kg	0.214	Arsénico	mg/Kg	3.016
Cadmio	mg/Kg	0.025	Cadmio	mg/Kg	0.011	Cadmio	mg/Kg	0.255
Cromo	mg/Kg	1.381	Cromo	mg/Kg	0.788	Cromo	mg/Kg	0.666
Plomo	mg/Kg	4.228	Plomo	mg/Kg	0.205	Plomo	mg/Kg	0.965

### 3.2 Puntos de muestreo de trucha en el Río Sicra

Punto 1: (P1- Río Sicra) con coordenadas UTM E: 530412 N: 8562060 altitud 3325 m.s.n.m. El monitoreo de recurso hidrobiológico (necton), fue en puntos específicos, considerando la metodología de toma de muestras establecida en el

documento “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú”; también se realizó el ensayo en laboratorio de cada una de las muestras hidrobiológicas recolectadas.

**Fig.3** Puntos de muestreo de trucha del Río Sicra



**Fig. 4** Toma de muestras y ejemplares de truchas del Río Sicra.



**Tabla 2.** Resultados de los análisis de trucha del Río Sicra

Río Sicra		
Parámetro	Unidad	Resultado
Arsénico	mg/Kg	0.368
Cadmio	mg/Kg	0.011
Cromo	mg/Kg	0.718
Plomo	mg/Kg	0.140

**Tabla N° 03.** Resultados analíticos de metales pesados en necton

PARÁMETRO	UNIDAD	P1 (Huachocolpa)	P2 (Ingenio)	P3 (Palcas)	Promedio General Río Opamayo	P4 (RíoSicra)	NMPPPAMNE*
Arsénico	mg/Kg	0.285	0.214	3.016	1.172	0.368	
Cadmio	mg/Kg	0.025	0.011	0.255	0.097	0.011	<b>0.10</b>
Cromo	mg/Kg	1.381	0.788	0.666	0.945	0.718	
Plomo	mg/Kg	4.228 0,	0.205	0.965	1.799	0.140	<b>0.30</b>

(\*) CODEX STAN 193-1995 "Norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos"

### 3.3 Sedimento como referente obtenido de la cabecera de mina.

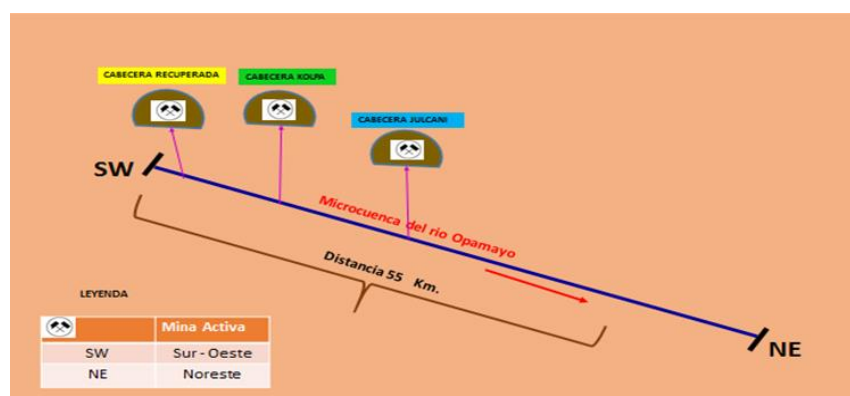
Las muestras de sedimento como referente fueron recolectados de las cabeceras de mina Recuperada (Coordenadas UTM E: 502992 N: 8548832 altitud 4500 m.s.n.m.), Kolpa (Coordenadas UTM E: 498730 N: 8552109 altitud 4,622 m.s.n.m) y Julcani

(coordenadas UTM E: 520909 N: 8569537 altitud 4,214 m.s.n.m.) a fin de realizar comparaciones de resultados con las muestras de sedimentos tomadas en los puntos de la cuenca hidrográfica del Río Opamayo, como se observa en la figura N° 05.

**Fig. 5** Toma de muestras de sedimentos de cabeceras de mina Recuperada, Kolpa y Julcani.



**Fig. 6** Puntos de muestreo de sedimentos



**Tabla 4.** Resultados de los análisis de sedimentos de la Microcuenca del Río Opamayo.

ELEMENTO	ID MUESTRA	As	Pb	Cr	Cd
REFERENTES CABECERA DE MINA		Concentración mg/L	Concentración mg/L	Concentración mg/L	Concentración mg/L
Recuperada	PMSA	0.338	1.258	2.354	0.004
Kolpa	PMSC	1.708	2.539	1.290	0.010
Julcani	PMSF	0.776	0.975	2.527	0.008
Promedio		<b>0.940</b>	<b>1.591</b>	<b>2.057</b>	<b>0.007</b>
D.S N° 002-2018-MINAM-ECA mg/L		<b>50</b>	<b>70</b>	<b>0.4</b>	<b>1.4</b>

### 3.4 Puntos de muestreo de sedimentos en la Cuenca hidrográfica del Río Opamayo

Río Opamayo Relavera Recuperada (PM-P1) con coordenadas UTM E: 505788 N: 8552721 altitud 4 221 m.s.n.m.; Huachocolpa (PM-P3) con coordenadas UTM E:505839 N: 8559502 altitud 3 954;

Chuñomayo (PM-P5) con coordenadas UTM E: 509230 N: 8565079 altitud 3,778; Ccascabamba (PM-P9) con coordenadas UTM E: 517389 N: 8565731 altitud 3 516 y Muyocc (PM10) con coordenadas UTM E:530160 N: 8564707 altitud 3 251 m.s.n.m., como se muestra en la Figura N° 06.

**Fig. 6** Toma de muestras de sedimentos de diferentes puntos del Río Opamayo y tamizado de muestras en laboratorio.



**Fig. 7** Puntos de muestreo de sedimentos en el Río Opamayo.



**Tabla N° 05.** Resultados de los análisis de sedimentos de la Microcuenca del Río Opamayo.

RESULTADO PARA ELEMENTO PUNTOS EN EL RIO OPAMAYO	ID MUESTRA	As	Pb	Cr	Cd
		Concentración mg/L	Concentración mg/L	Concentración mg/L	Concentración mg/L
Relavera recuperada	PM-P1	7,967	4,382	7,910	0,018
Huachocolpa	PM-P3	0,466	11,179	2,527	0,207
Chuñomayo	PM-P5	1,362	0,764	2,759	0,209
Ccascabamba	PM-P9	1,362	0,764	2,759	0,209
Muyocc	PM-P15	0,151	0,683	1,374	-0,005
Promedio		2,262	3,554	3,466	0,127
D.S N° 002-2018-MINAM-ECA mg/L		50	70	0,4	1,4

### 4. Discusión

Teniendo en cuenta, el objetivo de la investigación fue, determinar la concentración de metales pesados en

sedimentos y truchas de los ríos Opamayo y Sicra, áreas de influencia minera Región Huancavelica 2018; realizando la comparación entre las concentraciones



promedias de trucha del Río Opamayo y el Río Sicra, resultaron no superar los límites máximos permisibles en plomo, cadmio, arsénico y cromo referidos por la norma “Manual de Indicadores Sanitarios y de inocuidad para los Productos Pesqueros y Acuícolas para Mercado Nacional y de Exportación”; sin embargo, los resultados hallados en el Río Opamayo para el recurso hidrobiológico “necten” (peces), los parámetros: Cadmio en el punto de muestreo P3 (0.255 mg/kg) y plomo en los puntos de muestreo “P3” (0.965 mg/kg), superaron los Niveles Máximos Permisibles según el “Manual de Indicadores Sanitarios y de inocuidad para los Productos Pesqueros y Acuícolas para Mercado Nacional y de Exportación”; lo que contrastando con referencia a investigadores, tal resultado, tiene en alguna medida relación de entendimiento que; muchos de los contaminantes que ingresan a un cuerpo de agua superficial, por vía natural o antropogénica, quedan retenidos en los sedimentos que se depositan en el fondo del cauce, causando efectos tóxicos sobre los sistemas acuáticos (Esteves *et al.*, 1996; Bohn *et al.*, 2001); similar refiere Arnous O.M. *et al.*, 2015; Yuang G.L. *et.al.*, 2014; sobre lo mencionado por la Organización Mundial de la Salud (OMS); distintas regiones del mundo revelan significativo aumento en la concentración por encima de los límites permisibles; clasificándolos de alto riesgo; en base a estas consideraciones se ha logrado determinar la existencia de la concentración de metales pesados en sedimentos y truchas en los ríos Opamayo con significativa acentuación de

contaminantes por estar bajo la dinámica de actividades mineras; mientras las concentraciones de metales en sedimentos y truchas, aun no existiendo vida minera, la naturaleza acuífera no está libre de la presencia de elementos minerales por estar emplazados nuestro país minero y geológicamente en la Cordillera de los Andes.

## 5. Conclusiones

En cuanto a los sedimentos las concentraciones promedias del Río Opamayo, en arsénico es (2,262 mg/L), plomo (3,554 mg/L), cromo (3,466 mg/L) y cadmio (0,127 mg/L). Comparadas con los estándares D.S N° 002-2018-MINAM-ECA mg/L el cromo se encuentra por encima de los límites máximos permisibles la cual crea un impacto negativo en la vida acuática.

Respecto a los resultados hallados en el Río Opamayo para el recurso hidrobiológico “necten” (peces), los parámetros: cadmio en el punto de muestreo P3 (0,255 mg/kg) y plomo en los puntos de muestreo “P3” (0,965 mg/kg), superaron los Niveles Máximos Permisibles según el “Manual de Indicadores Sanitarios y de inocuidad para los Productos Pesqueros y Acuícolas para Mercado Nacional y de Exportación”; en tanto que, los resultados obtenidos en los demás puntos, así como de los demás parámetros se mantienen por debajo de los niveles referenciados.

Respecto a los resultados hallados en el Río Sicra, para el recurso hidrobiológico “necten” (peces), el plomo en los puntos de muestreo “P4” (4,228 mg/kg), supera los Niveles Máximos Permisibles según el

“Manual de Indicadores Sanitarios y de inocuidad para los Productos Pesqueros y Acuícolas para Mercado Nacional y de Exportación”; en tanto que, los resultados obtenidos en los demás puntos, así como de los demás parámetros se mantienen por debajo de los niveles referenciados.

Haciendo una comparación entre las concentraciones promedias de trucha del Rio Opamayo y el Rio Sicra no superan los límites máximos permisibles en plomo, cadmio, arsénico y cromo referidos por la norma “Manual de Indicadores Sanitarios y de inocuidad para los Productos Pesqueros y Acuícolas para Mercado Nacional y de Exportación”.

En medio de la crisis de salud mundial en particular para los humanos académicos de Universidad, no nos ha llevado a la inacción de realizar investigación, a través de las tecnologías digitales impulsamos ciencia tecnología en la actual globalización, es así asumo la posición, el conocimiento de existencia de metales dañinos fuera de los límites permisibles obtenidas como resultado del presente estudio; aún en lo mínimo servirá para prevención o contribución para proseguir otras investigaciones; insiendiendo al humano a reorientar al cambio de actitud y no a la degradación de nuestra propia naturaleza convirtiéndola insostenible.

#### **Agradecimientos**

Los investigadores muestran agradecimiento al Gerente del Laboratorio TYPASA PERU S.A.C. por la atención oportuna y emisión del informe de análisis de necton.

#### **Referencias bibliográficas**

- Álvarez, R. & Amancio, F. (2014) Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la laguna Chinancocha - Llanganuco periodo 2012 – 2013 [Tesis para licenciatura]. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Bermeo, J. & Celleri, A. (2016) Cuantificación de la cantidad de metales pesados presentes en dos especies de peces y su relación con la edad y tamaño en el embalse Daniel Palacios Proyecto Hidroeléctrico Paute-Molino. [Tesis]: Ecuador: Universidad de Usuy.
- Casarett & Doull, Curtis D. Klaassen, Jhon B. Walkin. (2001) Manual de toxicología; Efectos tóxicos de metales. 5ta edición, México D.F.
- G.J Tacon, A. (1995) Signos morfológicas de la carencia y toxicidad de los nutrientes en los peces cultivados. Documento técnico de pesca. Roma: FAO;. Documento técnico de pesca: 330.
- Hernández, A. & Hansen, A. (2012) Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, p. 115-127.
- Huaraca-Fernández, J. N., Pérez-Sosa, L., Bustinza-Cabala, L. S., & Pampa-Quispe, N. B. (2020). Enmiendas orgánicas en la inmovilización de

cadmio en suelos agrícolas contaminados: una revisión. *Información tecnológica*, 31(4), 139-152

Kubitza, F. (2003) Saude y manejo sanitario. Editora Kubitza.

Instituto Nacional de Salud (2019). Tecnologías para la recuperación de agua contaminada con metales pesados, Boletín Tecnológico N° 3. Lima, p. 4-64.

Peris, M. (2006) Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de M Castellon (España) [PhD. Tesis, Ingeniera Química]. M Valencia (España): Universidad de Valencia, Facultad de Ingeniería, p. 247.

Pino, R. (2018). Metodología de la investigación. Métodos. Libro, Editorial San Marcos E.I.R.L., editor, Perú, p. 199-204.

R. V. (2018). Suelos contaminados con metales pesados. Tesis doctoral, UNALM, p.13.

Spampa, M. (2020). Artículo, Reflexiones para un mundo pos-coronavirus, <https://nuso.org/articulo/reflexiones-para-un-mundo-post-coronavirus/>; Buenos Aires.

Vera G. & Tam, J. (2001) Pruebas ecotoxicológicas con cadmio y cromo usando postlarvas del pejerrey *Odontesthes (Austromenidia) regia regia* Hildebrand. ISSN 1561-0837. Vol. 8, Núm. 125-135.

Yendis, H. (2008) Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro. Estado Falcón (Venezuela): Bioagro, p. 193-199.

#### **Página Web:**

Ciencia y tecnología. (2020). La ciencia ante una crisis global, p. 37-42. Consultado en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Respuestas-al-COVID-19-desde-la-ciencia-la-innovacion-y-el-desarrollo-productivo>