



Citación: Masco et al. (2021). Evaluación de la concentración de metales pesados (Pb, Hg, Cd) y As en pescados expendidos en los mercados de la ciudad del Cusco, Perú. Rev. Q'EUÑA 12(2): 29- 34.

doi: 10.51343/rq.v12i2.975

Recibido: Junio 20, 2021

Aceptado: Noviembre 15, 2021 **Publicado:** Diciembre 12, 2021

Copyright: © 2021 Masco et al. Este es un artículo de acceso abierto revisado por pares y publicado por la Revista Q'EUÑA de la Sociedad Botánica del Cusco y la UNSAAC (<http://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/RQ>) y distribuido bajo los términos de la licencia de atribución Creative Commons, que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Declaración de disponibilidad de datos: Todos los datos relevantes están dentro del documento y sus archivos de información de respaldo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Autor Corresponsal:

M. L. Masco

mery.masco@unsaac.edu.pe

Patrocina:

Sociedad Botánica del Cusco

Universidad Nacional de San Antonio

Abad del Cusco

Evaluación de la concentración de metales pesados (Pb, Hg, Cd) y As en pescados expendidos en los mercados de la ciudad del Cusco, Perú

Evaluation of concentration of heavy metals (Pb, Hg, Cd) and As, in fish sold, in the markets of the Cusco city, Peru

Mery Luz Masco Arriola¹, Yolanda Callo Choquevilca², Aurora Loaiza Becerra², Aura Natalia Cantero Loaiza² & Jerónima Surco Fuentes²

¹Departamento Académico de Ingeniería Química-Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco-Avenida de la Cultura, 733, Cusco-Perú.

²Departamento Académico de Química-Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Avenida de la Cultura, 733, Cusco-Perú.

Resumen

En la ciudad del Cusco, los pescados constituyen una fuente principal de nutrientes de la dieta familiar de la población, sin embargo, la contaminación ambiental por efecto antropogénico repercute en su inocuidad muchas veces afectada por la presencia de metales pesados por lo que el objetivo principal de esta investigación fue evaluar la concentración de Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Arsénico (As) en tejidos de cabeza, piel, hueso y músculo donde posiblemente exista bioacumulación de estos metales en pescados comercializados en los principales centros de abastos (Vinocanchon, Wanchaq, General Buendía). Se utilizó el método de espectrometría de Emisión Óptica por plasma de acoplamiento inductivo ICP-OES para cuantificar la presencia de plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Arsénico (As), y el método de espectrofotometría de Absorción Atómica con vapor frío para el mercurio (Hg). Los resultados obtenidos indican que la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y el jurel (*Trachurus murphyi*) son los más consumidos. En la cabeza de jurel de Vinocanchón la concentración de Cd fue 0,2 mg/kg y en el músculo se detectó 0,09 mg/kg de Hg, valores que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles. Las concentraciones de Pb, Cd y As encontradas en el músculo del jurel y trucha están por debajo de los niveles de concentración permisibles indicados por los organismos internacionales, mientras que la concentración de Hg, se encuentra dentro del límite máximo permisible, concluyéndose que la especie de menor riesgo para el consumo es la trucha.

Palabras clave: Trucha, jurel, metales pesados, ICP-OES. espectrometría de absorción atómica con vapor frío.

Abstract

In the city of Cusco, fish are a main source of nutrients in the family diet of the population, however, environmental pollution due to anthropogenic effect affects its safety affected by the presence of heavy metals. The main objective of this research was to evaluate the content of Mercury (Hg), Lead (Pb), Cadmium (Cd) and Arsenic (As); in the fish commercialized in the markets (Vinocanchon, Wanchaq and General Buendía) of the city of Cusco to know the health risk of fish consumption. Through surveys it was determined that the most consumed species in the markets were trout (*Oncorhynchus mykiss*) and mackerel (*Trachurus murphyi*), in which the concentration of heavy metals was evaluated, in tissues of the head, skin, bone and muscle where there is possibly bioaccumulation of these metals. In the quantification of Pb, Cd and As, the ICP-OES inductively coupled plasma Optical Emission Spectrometry method was applied and the evaluation of Hg was carried out by the Cold Vapor Atomic Absorption spectrophotometry method. The results obtained indicate that the levels of Pb and As in trout as well as in mackerel from the different markets evaluated, they presented maximum detectable concentrations; however, in the jack mackerel head from Vinocanchón the concentration of Cd was 0.2 mg/kg and Hg in the muscle was 0.09 mg/kg, these values obtained are within the maximum permissible limits, concluding that the specie of lower risk for consumption is trout.

Keywords: Trout, mackerel, heavy metals, ICP-OES. cold vapor atomic absorption spectrometry.

Introducción

La contaminación con metales pesados, se debe principalmente a las actividades antropogénicas, del manejo de desechos mineros, industriales, agrícolas y domésticos, los cuales afectan a la biota marina y dulceacuícola, así como el medio ambiente, constituyendo un problema de salud pública. Así, Nawab *et al.*, (2018), indican que los metales como Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd) e incluso el Arsénico (As); no solo surgen de procesos naturales sino también producto de la actividad humana.

Los peces, tienen capacidad de almacenar en su organismo ciertas concentraciones de Pb, Cd, Hg y As, en forma orgánica e inorgánica, que conducen a intoxicaciones, debidas a su consumo, al contener derivados de metil y dimetil mercurio (Hsu *et al.*, 2013).

Pezo (1992), investigo la presencia de metales pesados bioacumulables de Hg, Cd, Pb y Cu; en 19 especies de peces de los ríos Nanay, Ucayali y Amazonas, encontrando concentraciones menores a los límites máximos permisibles internacionalmente. Por otro lado, Álvarez (2011), informo sobre la alarmante contaminación con Hg de 12 especies de peces de río de la región de Madre de Dios, cuyos niveles superan la concentración máxima permisible establecida por la OMS de 0.5 ppm.

En la ciudad del Cusco uno de los alimentos proteicos más consumidos es el pescado debido a su disponibilidad y bajo costo, procedentes de la costa marina, ríos, lagos, lagunas y criaderos que llegan a los centros de abasto procedentes de diferentes regiones del Perú, por lo que en la presente investigación realizamos una evaluación preliminar de la concentración de metales pesados (Pb, Hg, Cd) y As en estos alimentos.

Materiales y Métodos

1. Área de estudio

Principales centros de abastos de la ciudad del Cusco: General Buendía, Wánchaq y Vinocanchón, donde se aplicaron encuestas semiestructuradas para determinar la preferencia de la especie de pescado de mayor consumo. Se realizó un muestreo probabilístico por conveniencia, de encuestados disponibles para la investigación.

Los análisis de las muestras de pescado seleccionadas, fueron realizados en Laboratorios AGQ (Siglas de la Empresa, Centro Tecnológico Químico) de la ciudad de Lima, acreditados al máximo nivel internacional y en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

2. Selección de muestras

Se aplicaron encuestas durante cuatro fines de semana a la población que concurría a los centros de abastos previamente seleccionados a fin de determinar las especies de pescados más consumidas entre ellas: bonito, caballa, lisa, pejerrey, trucha, jurel y otros. Los resultados permitieron seleccionar como los más consumidos a la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y el jurel (*Trachurus murphyi*).

De acuerdo a los resultados de las encuestas se adquirieron muestras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y jurel (*Trachurus murphyi*), en los mercados seleccionados. La selección se hizo al azar en cada mercado del lote que ofertaba el expendedor, tomando 10 unidades por especie y mercado.

3. Métodos para la determinación de Arsénico, Cadmio y Plomo

a. Preparación de las muestras

Los pescados fueron lavados con agua de caño y enjuagados con agua desionizada, en cada caso, se seleccionaron muestras de cabeza, músculo, hueso y piel, (se utilizando cuchillo de acero inoxidable), cada muestra se trituró en licuadora sin solvente, de estas se pesó 1 g. y se trasvaso a un tubo de digestión, codificado de acuerdo a la muestra.

b. Digestión de la muestra

A cada muestra se agregó 8 ml de ácido nítrico (c) más 2 ml. de peróxido de hidrógeno, se calentó en el hot block por una hora hasta alcanzar la temperatura de 95.1°C manteniéndola constante por una hora más. El mismo procedimiento fue aplicado a las soluciones patrones de plomo, cadmio, arsénico y mercurio, los cuales fueron diluidos y filtrados.

c. Cuantificación

Se realizó por espectrometría de emisión óptica con fuente de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES, Inductively Coupled Plasma- Optical Emission Spectroscopy).

Las muestras y patrones digeridos, se inyectaron en el equipo ICP-OES marca Perkin-Elmer, a través del tubo central de cuarzo lográndose gotitas nebulizadas las que se introdujeron dentro del plasma a una temperatura de 8000 a 10000 °K. Utilizando el software del equipo se obtuvo las lecturas correspondientes a la concentración de cada uno de los metales (Pb, Cd y As) en las muestras respectivas. Las lecturas fueron realizadas a longitudes de onda: 228.82 nm (Cd), 220.35 nm (Pb) y 193.69 nm (As)

determinadas previamente con soluciones estándar para conocer la longitud de onda de máxima absorción de cada metal. A partir de soluciones patrón se prepararon soluciones estándar de distinta concentración, para la elaboración de la curva de calibración de Pb, Cd y As, (modelo lineal) elaborado según el software del equipo, como se puede observar en las figuras 1 y 2.

4. Método para la determinación de Mercurio

La cuantificación se realizó por el método de absorción atómica de vapor frío mediante el siguiente procedimiento: Las muestras digeridas se filtraron y agregaron ácido clorhídrico (c) más solución de cloruro de estaño al 10%. La muestra se inyectó al Espectrofotómetro de Absorción Atómica (vapor frío), para su vaporización a 900 °C, las lecturas se realizaron a una longitud de onda de 253.7 nm. Para elaborar la curva patrón se utilizó solución de cloruro de mercurio de 10 ppb a las siguientes concentraciones: 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 y 1 ppb. (Figura 3).

5. Límites permisibles de metales pesados en pescados

La evaluación de los resultados se realizó por comparación con los límites permisibles de metales pesados en pescados regulado por diferentes organismos internacionales (tabla 1).

LEGISLACIÓN	Pb	Cd	Hg	As
Unión Europea	0,3 mg/kg	0,05-0,25 mg/kg	0,5-1 mg/ kg	
Australiana Neozelandesa	0,5 mg/ kg		0,5 mg/ kg	2 mg/ kg
Brasileña	2 ppm	1 ppm	0,5-1 ppm	1 ppm
CODEX Alimentario			0,5 mg/ kg	
Finlandia			0,3-0,4 ppm	
Sudáfrica		1 mg/ kg	1 mg/kg (CII-Hg)	3 mg / kg
Suiza	0,5-1 mg/kg	0,1-0,3 mg/ kg	0,2-0,5 mg/ kg	
USA			1 ppm (CII-Hg)	

Resultados y Discusión

1. Determinación de las especies de pescado más consumida en la ciudad del Cusco

Se aplicaron encuestas a 1208 consumidores en los tres mercados seleccionados para la investigación: General Buendía, Wánchaq y Vinocanchon, determinándose que 764 personas (63.2%) consume jurel, 295 (24.4%) trucha, 71 (5.9%) pejerrey, 34 (2.8%) otros y ninguno 44 (3.6%).

Tabla 2 Especies de pescados más consumidos.

MERCADO	Jurel	Trucha	Pejerrey	Otros	Ninguno	TOTAL
Wánchaq	139	95	13	16	1	264
Huancaro	150	44	2	4	0	200
San Jerónimo	81	22	5	2	0	110
Gral. Buendía	179	64	27	3	43	316
Vinocanchón	215	70	24	9	0	318
TOTAL	764	295	71	34	44	1208

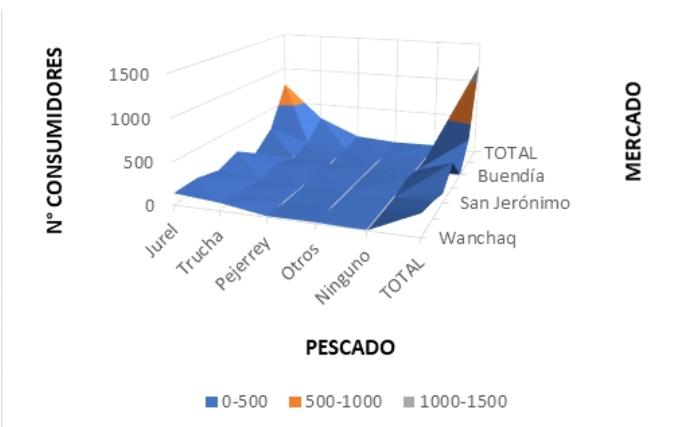


Figura 1. Pescado más consumido

2. Cuantificación de Hg, As, Cd, Pb

Los resultados obtenidos, muestran que los niveles de concentración de As, Cd y Pb, en todos los tejidos analizados de trucha están por debajo del límite de detección del equipo ICP-OES; sin embargo, en el músculo y cabeza de las muestras de Vinocanchón muestran niveles de Hg detectables de 0,009 y 0,006 mg/Kg respectivamente y en el músculo de trucha del mercado de General Buendía la concentración de Hg es 0,0173 mg/Kg, valores que se encuentran dentro del rango permisible, establecidos por las legislaciones alimentarias de diferentes países y organismos internacionales; que consideran 0.5 - 1 mg/kg como aceptable (Tablas 1,3, figura5), sin embargo, por la naturaleza bioacumulable de este metal como metilmercurio, el consumo frecuente de este alimento, representaría cierto riesgo para la salud, (Machado, 2013).

Tabla 3. Cuantificación de Hg, As, Cd, Pb (mg/kg) en trucha (*Oncorhynchus mykiss*)

PARTE	MERCADO	As	Cd	Hg	Pb
	VINOCANCHON	< 0.005	< 0.01	< 0.005	< 0.05
PIEL	WACHAQ	< 0.005	< 0.01	< 0.005	< 0.05
	GRAL. BUENDIA	< 0.005	< 0.01	< 0.005	< 0.05
	VINOCANCHON	< 0.005	< 0.01	0.009	< 0.05
MUSCULO	WACHAQ	< 0.005	< 0.01	< 0.005	< 0.05
	GRAL. BUENDIA	< 0.005	< 0.01	0.0173	< 0.05
	VINOCANCHON	< 0.005	< 0.01	< 0.005	< 0.05
HUESO	WACHAQ	< 0.005	< 0.01	< 0.005	< 0.05
	GRAL. BUENDIA	< 0.005	< 0.01	< 0.005	< 0.05
	VINOCANCHON	< 0.005	< 0.01	0.006	< 0.05
CABEZA	WACHAQ	< 0.005	< 0.01	< 0.005	< 0.05
	GRAL. BUENDIA	< 0.005	< 0.01	< 0.005	< 0.05
	VINOCANCHON	< 0.005	< 0.01	< 0.005	< 0.05

Tabla 4. Cuantificación de Hg, As, Cd, Pb (mg/kg) en jurel (*Trachurus murphyi*)

PARTE	MERCADO	As	Cd	Hg	Pb
	VINOCANCHON	< 0.005	< 0.01	0.009	< 0.05
PIEL	WACHAQ	< 0.005	0.11	0.011	< 0.05
	GRAL. BUENDIA	< 0.005	0.095	0.008	< 0.05
	VINOCANCHON	< 0.005	< 0.01	0.09	< 0.05
MUSCULO	WACHAQ	< 0.005	< 0.01	0.018	< 0.05
	GRAL. BUENDIA	< 0.005	< 0.01	0.0155	< 0.05
	VINOCANCHON	< 0.005	< 0.01	0.016	< 0.05
HUESO	WACHAQ	< 0.005	0.11	0.0115	< 0.05
	GRAL. BUEN DIA	< 0.005	0.103	< 0.005	< 0.05
	VINOCANCHON	< 0.005	< 0.01	0.029	< 0.05
CABEZA	WACHAQ	< 0.005	0.16	0.006	< 0.05
	GRAL. BUENDIA	< 0.005	0.2	0.009	< 0.05

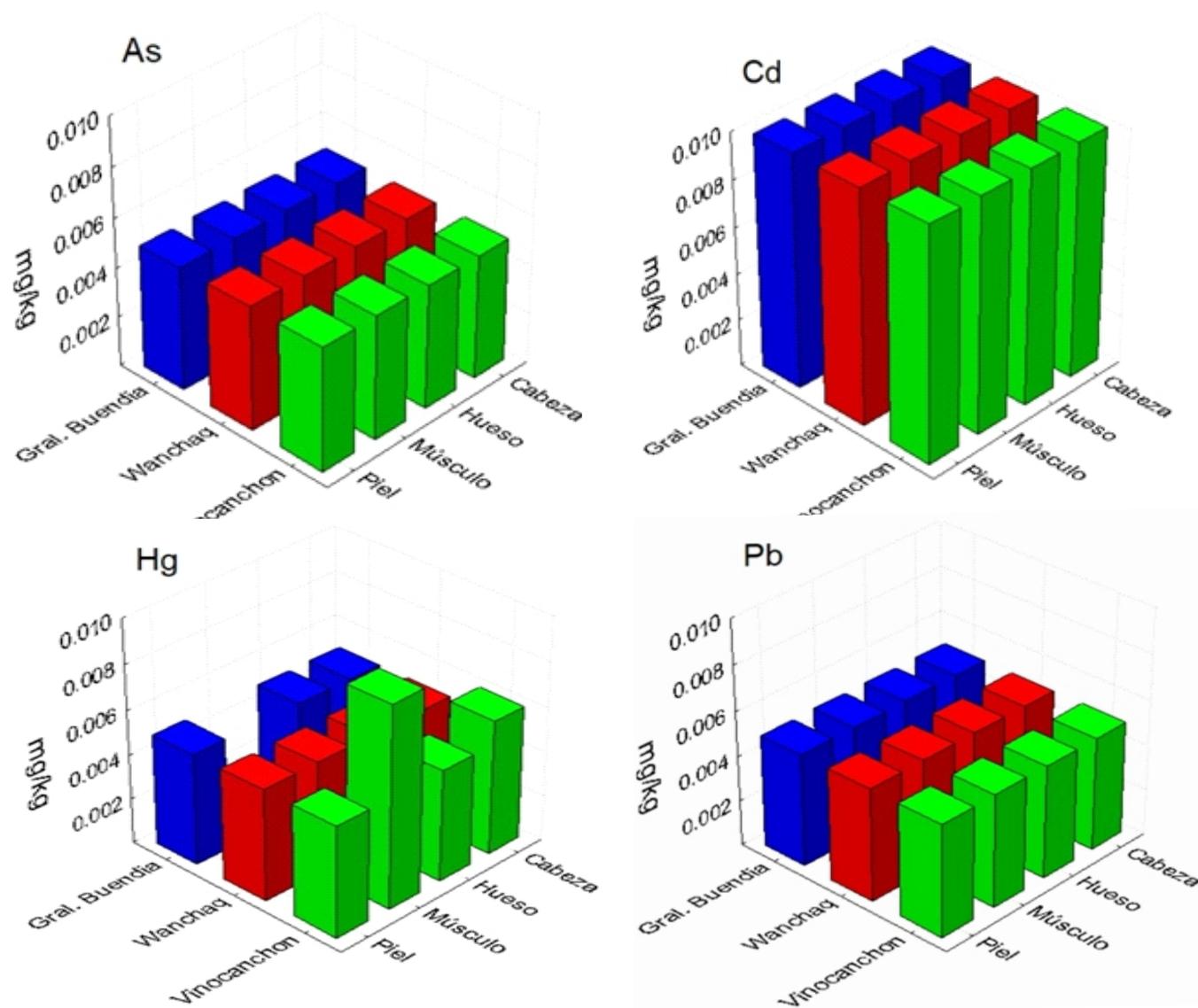


Figura 2. Cuantificación de los As, Cd, Pb (mg/kg) en trucha (*Oncorhynchus mykiss*)

Los resultados obtenidos, muestran que los niveles de concentración de As, Cd y Pb, en todos los tejidos analizados de trucha están por debajo del límite de detección del equipo ICP-OES; sin embargo, en el músculo y cabeza de las muestras de Vinocanchón muestran niveles de Hg detectables de 0,009 y 0,006 mg/Kg respectivamente y en el músculo de trucha del mercado de Gral Buendía la concentración de Hg es 0,0173 mg/Kg, valores que se encuentran dentro del rango permisible, establecidos por las legislaciones alimentarias de diferentes países y organismos internacionales; que consideran 0.5 - 1 mg/kg como aceptable (Tablas 1,3, figura5).

sin embargo, por la naturaleza bioacumulable de este metal como metilmercurio, el consumo frecuente de este alimento, representaría cierto riesgo para la salud, (Machado, 2013). Según (Nakamura et al., 2014; Salazar et al., 2017) el Hg se acumula más en el músculo y tejido graso de los peces, que podría ser mucho mayor que el Hg presente en aguas.

En el caso de jurel (tabla 4), los resultados indican que los niveles de concentración de As y Pb están por debajo de los límites de detección del equipo; según (Prieto Garcia F, 2007), el As se absorbe más en las agallas y vísceras, tejidos que en este trabajo no fueron investigados, lo que explicaría los niveles no detectables.

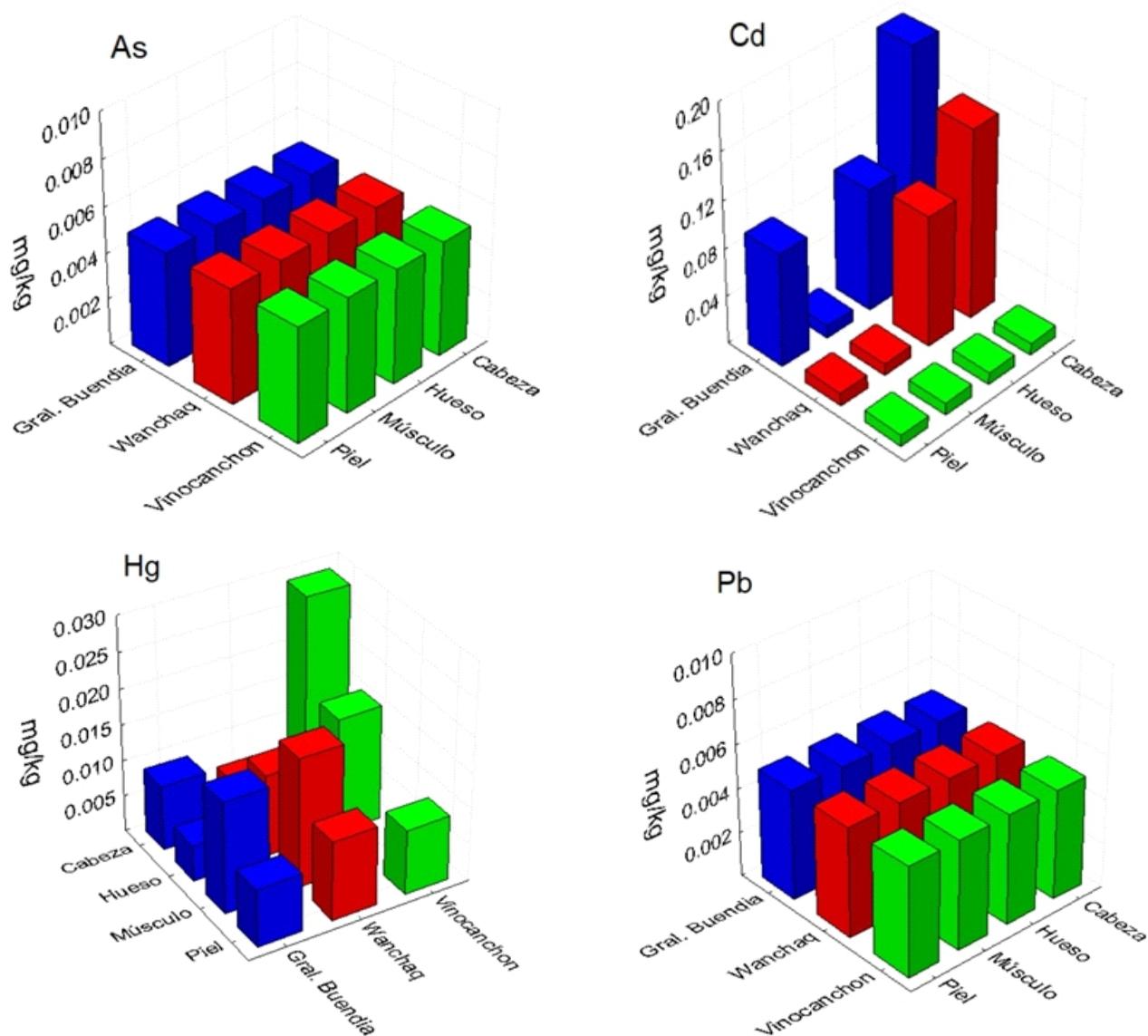


Figura 3 . Cuantificación de los As, Cd, Pb (mg/kg) en jurel (*Trachurus murphyi*).

En el jurel de los mercados de Wánchaq y Gral. Buendía la concentración de Cd en cabeza fue de 0,16 y 0,2 mg/Kg respectivamente, en piel y hueso 0,11 mg/Kg, valores que están dentro de los límites permisibles según la legislación de la Unión Europea que considera límites, de 0,025-0,25 mg/Kg para este metal (Valencia, 2016); sin embargo, el consumo continuo de estos tejidos podrían constituir un riesgo para la salud, debido a que el Cd tiene carácter bioacumulable (Valencia 2016), especialmente en los riñones, es mucho más que en el torrente sanguíneo ya que no se elimina completamente del organismo, lo que puede producir daños a nivel del hueso, riñones y pulmones (European Comision, 2004).

Por otro lado, las concentraciones de Hg, en las muestras de piel, músculo, cabeza y hueso de jurel de los tres mercados, estuvieron entre 0,006 a 0,029 mg/Kg valores que se ubican dentro los límites máximos permisibles (figura 6), sin embargo es importante tomar en cuenta que la presencia de este metal en el musculo, por su carácter bioacumulable, puede causar daños en el sistema nervioso a largo plazo (European Comisión 2004).

Comparando las concentraciones de estos metales cuantificados presentes en los diferentes tejidos de trucha (procedentes generalmente de criaderos de las regiones de Cusco y Puno) y jurel (de origen marino) se considera que el consumo de trucha, ofrece menor riesgo de salud que el jurel no dependiendo de los mercados donde se expendan.

Conclusiones

Los resultados de las encuestas en los mercados Vinocanchon, Wánchaq, General Buendía de la ciudad del Cusco, mostraron que las especies de pescado de mayor preferencia, son jurel (764 personas, 63.2%) y trucha (295; 24.4%)

Las concentraciones de Pb, Cd y As encontradas en el músculo del jurel y trucha están por debajo de los niveles de concentración permisibles indicados por los organismos internacionales, mientras que la concentración de Hg, se encuentra dentro del límite máximo permisible. Conociendo que el Cd y Hg son metales bioacumulables, el consumo de cabeza, piel y musculo de ambos pescados pueden representar un riesgo para la salud a largo plazo.

Se recomienda a las entidades encargadas del control de alimentos realicen un monitoreo permanente de la presencia de estos metales en los pescados expendidos de la ciudad del Cusco.

Agradecimientos

El equipo de investigación agradece a los expendedores

y público consumidor de pescados de los centros de abastos de Vinocanchon, Wánchaq, General Buendía de la ciudad del Cusco, así como al Vice Rectorado de Investigación de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por permitir la ejecución de la presente investigación y el soporte económico brindado.

Literatura citada

- Alvarez, J. S. (2011). *Mineria Aurifera en Madre de Dios y Contaminacion con mercurio una bomba de tiempo* - Informe preparado por el Instituto de la Amazonia Peruana. Hueyputuhe-Madre de Dios.
- European Comision. (2004). *Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTEE)*. Obtenido de http://europa.eu.int/comm/health/ph_risk/committees/sct/documents/out220_en.pdf
- Hsu H, Kucharzyk K, Zhang T, Deshusses M. (2013) *Mechanisms regulating mercury bioavailability for methylating microorganisms in the aquatic environment: A critical review*. Environ Sci Technol. 2013;47(6):2441-2456. Doi: <https://doi.org/10.1021/es304370g>
- Machado, P. R. (2013). *Validacion de la metodologia para el analisis de mercurio en agua tratada y cruda y estandarizacion del analisis de mercurio*. Pereira - Colombia: Tesis- Universidad Tecnologica de Pereira.
- Nakamura, M. et al (2014). *Methylmercury exposure and neurological outcomes in Taiji residents accustomed to consuming whale meat*. Environ Int.; 68:25–32. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2014.03.005>
- Nawab J, Khan S, Xiaoping W.(2018). *Ecological and health risk assessment of potentially toxic elements in the major rivers of Pakistan: General population vs. Fishermen*. J. Chemosphere; 202:154–164. Doi: 10.1016/j.chemosphere.03.082.
- Pezo, R. P. (1992). *Determinacion de metales pesados bioacumulables en especies icticas de consumo humano en amazonia peruana*. Folia amazonica, Vol. 4(2).
- Prieto, F., Ramírez, B., Scout, W., Gaytan, J. C., & Zuñiga, A. (2007). *Toxicidad y teratogénesis por arsénico en aguas en el pez cebra*. Rev. Toxicol, 24, 18-22.
- Salazar, C, et al. (2017). *Dietary human exposure to mercury in two artisanal small-scale gold mining communities of northwestern Colombia*. Environ Int.;107:47–54. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2017.06.011>
- Valencia, D. A.-C. (2016). *Metales Pesados*. Valencia, España.
- Vargas, S, Marrugo, J. (2019). *Mercurio, metilmercurio y otros metales pesados en peces de colombia: riesgo por ingesta*. Acta Biológica Colombiana.