

Artículo Original

Determinación de metales pesados en tomate (*Solanum lycopersicum*) y su riesgo para la salud humana

Determination of heavy metals in tomato (*Solanum lycopersicum*) and their risk to human health

José Castillo^{1,a}, Juleisi Domínguez^{1,b}, Mesías García^{1,c}, Gloria Marín^{1,d}, Denisse Olórtegui^{2,e}, Christopher Ynocente^{2,f}

Recibido: 05/04/2022 Aceptado: 26/06/2022 Publicado: 31/08/2022

Resumen

Los metales pesados generan efectos adversos en la salud a diferentes niveles, incluyendo, para algunos metales, el efecto cancerígeno, es por ello que la presencia de estas sustancias en alimentos para muchos países como el Perú, es considerado un problema de salud pública. La investigación tuvo como objetivo evaluar el riesgo a la salud asociado al consumo de tomate (*Solanum lycopersicum*) con presencia de metales pesados como arsénico y plomo en Lima metropolitana. Se tomaron 30 muestras de tomate de los principales lugares de abastecimiento de Lima metropolitana y se determinó la región de procedencia. Las muestras fueron analizadas por espectrofotometría de absorción atómica en el Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental – CICOTOX. La concentración media de arsénico en tomate fue 0,1908mg/Kg; este nivel superó el estándar definido por el Mercosur (0,1mg/Kg). Asimismo, la concentración media de plomo fue 0,0876mg/Kg; este valor superó el estándar definido por el Codex Alimentarius (0,05mg/Kg). Finalmente, se estimó el riesgo humano (HR) por ingesta de tomate por la metodología propuesta por OMS/OPS. Se determinó que el riesgo por consumo de tomate no representa un riesgo significativo para la salud humana.

Palabras clave: Metales pesados; contaminación en alimentos; *Solanum lycopersicum*; evaluación de riesgos a la salud.

Abstract

Heavy metals generate adverse effects on health at different levels, including, for some metals, the carcinogenic effect, which is why the presence of these substances in food for many countries such as Peru, is considered a public health problem. The objective of this study was to evaluate the health risk associated with the consumption of tomato (*Solanum lycopersicum*) with the presence of heavy metals such as arsenic and lead in metropolitan Lima. Thirty samples of tomato were taken from the main supply points in metropolitan Lima and the region of origin was determined. The samples were analyzed by atomic absorption spectrophotometry at the Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental - CICOTOX. The mean concentration of arsenic in tomato was 0,1908mg/kg, this level exceeded the standard defined by Mercosur (0,1mg/kg). Likewise, the mean lead concentration was 0,0876mg/Kg; this value exceeded the standard defined by the Codex Alimentarius (0,05mg/Kg). Finally, the human risk (HR) for tomato and squash intake was estimated using the methodology proposed by WHO/PAHO. It was determined that the risk from tomato and squash consumption does not represent a significant risk to human health.

Keywords: Heavy metals; contamination in food; *Solanum lycopersicum*; risk assessment.

¹ Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica. Lima, Perú

² Hg toxicólogos S.A.C. Lima, Perú

a E-mail: jcastilloal0007@gmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7333-7809>

b E-mail: juleisidom@gmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5175-9880>

c E-mail: mgarciao@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7340-4757>

d E-mail: gmarinv@unmsm.edu.pe - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2087-0145>

e Autor para correspondencia: sofia.toxicologa@gmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5949-9879>

f E-mail: christopherynocente@gmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8482-9673>

Citar como:

Castillo, J., Domínguez, J., García, M., Marín, G., Olórtegui, D., & Ynocente, C. (2022). Determinación de metales pesados en tomate (*Solanum lycopersicum*) y su riesgo para la salud humana. *Ciencia e Investigación* 2022 25(1):17-22. doi: <https://doi.org/10.15381/ci.v25i1.23470>

© Los autores. Este artículo es publicado por la Ciencia e Investigación de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

INTRODUCCIÓN

Los casos de contaminación por metales pesados han aumentado drásticamente en las últimas décadas; tanto que representan una amenaza para la salud de las personas y para la calidad ambiental del aire, agua y suelo(1). La principal causa del incremento de los metales pesados en el ambiente son las actividades antropogénicas como la minería, fundición, agricultura, entre otras(2,3). Los metales pesados se bioacumulan y biomagnifican en el ecosistema; asimismo, logran ingresar al cuerpo humano por la ingesta de agua y alimentos con presencia de dichos contaminantes(4). En este sentido, la contaminación por metales pesados en los cultivos es un tema que se debe priorizar para garantizar la seguridad alimentaria.

Los vegetales son una fuente principal de proteínas, vitaminas, fibra y otros nutrientes vitales que previenen enfermedades gastrointestinales, cáncer, entre otras enfermedades (5); sin embargo, el consumo de estos vegetales pueden ser una fuente importante de metales pesados y representar un riesgo para la salud de las personas (6). La aplicación de agroquímicos y el uso de aguas residuales para el riego conllevan a la acumulación de metales pesados que pueden ingresar al organismo a través de la dieta diaria; por lo que el consumo de cultivos contaminados con metales pesados representa un riesgo para la salud pública(7–9)

Los metales pesados no son considerados elementos esenciales en los procesos biológicos de los humanos(10); por el contrario, se acumulan en órganos como el hígado y los riñones causando un deterioro progresivo de sus funciones(11). Se conoce que la exposición a metales pesados puede causar efectos adversos graves en la salud de las personas expuestas, como el deterioro del sistema inmunológico, retraso en el desarrollo intrauterino, pérdida de ciertos nutrientes esenciales en el cuerpo, discapacidades asociadas con la desnutrición y una alta diseminación de la faringe, deterioro psicosocial, alteraciones del comportamiento, e incluso, cáncer(1,12). La toxicidad de cada metal depende de varios factores como la dosis, el tipo de especie química, la vía y tiempo de exposición; así como las características específicas de las personas expuestas como la edad, sexo, genética y estado nutricional siendo el agua y los alimentos una ruta de exposición importante a metales pesados(13).

Lima Metropolitana alberga a más de 10 millones de ciudadanos(14) quienes obtienen sus alimentos de los principales lugares de abastecimiento como lo son los mercados mayoristas. Estos, a su vez, se abastecen de productos provenientes de diferentes puntos de producción agrícola del país como Arequipa Ica, Huánuco, La Libertad, Áncash, entre otros(15).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2012), el tomate es una de las hortalizas de mayor consumo en el Perú(16); a pesar de ello, no existe una regulación nacional sobre la concentración de metales pesados en este fruto y hay poca información sobre la acumulación de estas sustancias en los cultivos. Por ello,

en esta investigación se determinó la presencia de metales pesados en tomate proveniente de diferentes regiones del Perú; y se evaluó el riesgo a la salud que representa la ingesta de este vegetal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo: Se realizó un muestreo probabilístico aleatorio conglomerado recolectándose 30 muestras de tomate (*Solanum lycopersicum*) en los principales centros de abastecimiento de Lima Metropolitana. El número de muestras se distribuyó de la siguiente manera: 7 muestras en Lima Norte, 8 muestras en Lima Centro, 8 muestras en Lima Este y; por último, 7 muestras en Lima Sur. Se tomó 200g de cada muestra los cuales fueron almacenados en bolsas herméticas de polietileno y almacenados en un cooler para su conservación y transporte.

Método: Las muestras se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica por horno de grafito para la determinación de plomo y por generador de hidruros para la determinación de arsénico. Los análisis se realizaron en el laboratorio del Centro de Información, Control Toxicológico y Apoyo a la Gestión Ambiental CICOTOX (Facultad de Farmacia y Bioquímica – UNMSM). Posterior a ello, se aplicó la metodología determinística para la evaluación del riesgo a la salud(17), la cual consiste la estimación del Riesgo Humano (HR).

$$HR = \frac{C \times TI \times F_{exp} \times Du}{PC \times Drf \times T}$$

HR: Riesgo humano por ingestión

C: Concentración del contaminante en el alimento (mg/kg)

TI: Tasa de Ingesta (mg/día)

F exp: frecuencia de exposición

Du: Duración de la exposición

PC: Peso corporal (Kg)

Drf: Dosis de referencia del contaminante por ingesta

T: Tiempo de la exposición

RESULTADOS

Los siguientes gráficos muestran los resultados obtenidos. A continuación, se explica la procedencia, la concentración media de plomo y arsénico y el nivel de riesgo a la salud que representa la ingesta de tomate para las personas.

DISCUSIÓN

En la Figura 1 se puede observar que las principales regiones abastecedoras de tomate son Ica, Arequipa y Lima. Cabe precisar que, en función de los resultados obtenidos, Lima es la principal región abastecedora de tomate en los centros de abastecimiento que figuran en la **Tabla 1**. Ello va en concordancia con los datos nacionales presentados por el Ministerio de Desarrollo Agra-

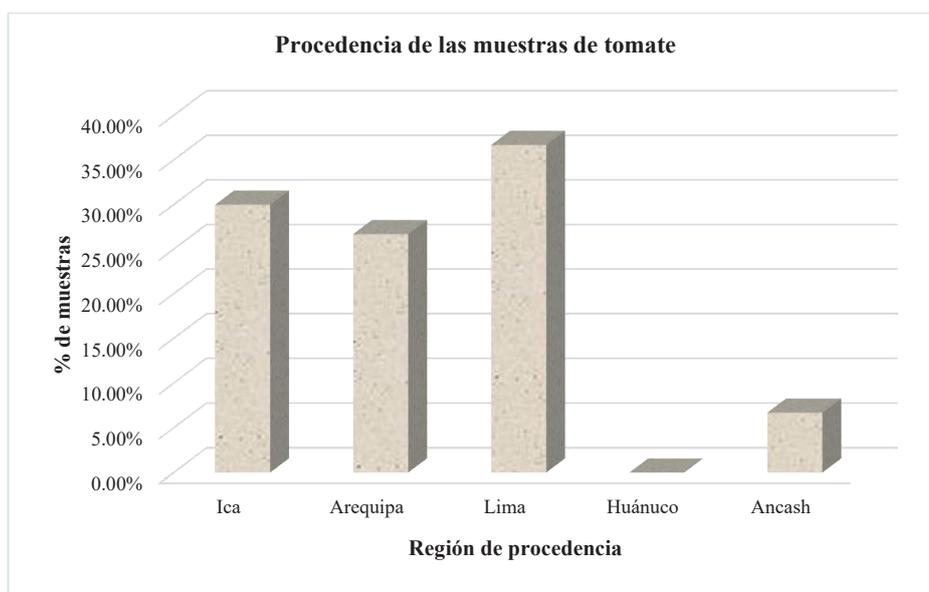


Figura 1. Región de procedencia de las muestras de tomate

Tabla 1. Procedencia de las muestras tomadas

Zona de Lima	Distrito	Centro de abastecimiento	N° muestras
Lima Norte	Puente Piedra	Mercado Huamantanga	4
	Comas	Mercado Unicachi	3
Lima Sur	Chorrillos	Mercado Santa Rosa	3
	Villa El Salvador	Mercado Juan Velazco	4
Lima Este	Santa Anita	Mercado Santa Anita	4
	San Juan de Lurigancho	Mercado de SJL	4
Lima Centro	Rímac	Mercado de Caquetá	4
	La Victoria	Mercado de La Parada	4
Total de muestras			30

ria y el Ministerio del Ambiente quienes indican que dichos departamentos son parte de las fuentes principales abastecedoras de tomate en Lima metropolitana (18).

La Figura 2 nos indica que el arsénico es el metal que se encuentra en mayor concentración en comparación con el plomo. Es importante mencionar el tomate presentó concentraciones medias que superan el valor referencial planteado por el Codex Alimentarius. Estos resultados sumados a los que se pueden observar en la Figura 1, indican que Ica, Lima y Arequipa son las principales regiones abastecedoras de productos alimentarios con presencia de metales pesados. Ello concuerda con lo expuesto por Lovera (2018), López et al. (2020) y Román et al. (2021), quienes determinaron la presencia de metales pesados en productos alimenticios provenientes de Ica, Lima y Arequipa, respectivamente(19–21). La presencia de metales pesados en los productos agrícolas se debe a diversas causas; sobre ello, Galagarza et al. (2021) señalaron que las prácticas mineras son la principal fuente de contaminantes debido a que liberan más de 13 000 millones de m³ de efluentes al año, lo que pone en riesgo la calidad del agua utilizada para el riego(22).

La Figura 3 muestra las concentraciones medias de arsénico según la procedencia de los productos vegetales. En este caso, se puede observar que Ica es la región cuyos productos presentan una menor concentración de arsénico en tomate, a diferencia de Arequipa, cuyos vegetales presentan mayores concentraciones de arsénico. Asimismo, las concentraciones medias de los tomates provenientes de las regiones de Ica, Arequipa, Lima y Ancash superaron el estándar planteado por el Mercosur.

La Figura 4 muestra las concentraciones medias de plomo según la procedencia de tomate. Se observa que, tanto Lima como Arequipa son las regiones cuyos tomates presentaron mayores concentraciones de plomo. Asimismo, las muestras de tomate provenientes de las regiones de Ica, Lima, Arequipa y Ancash son aquellas que superaron el estándar internacional del Codex alimentario.

Respecto de la Tabla 2, los resultados indicaron que la ingesta de tomate con presencia de arsénico y plomo no representan un riesgo toxicológico significativo debido a que el índice de riesgo a la salud obtenido es menor a

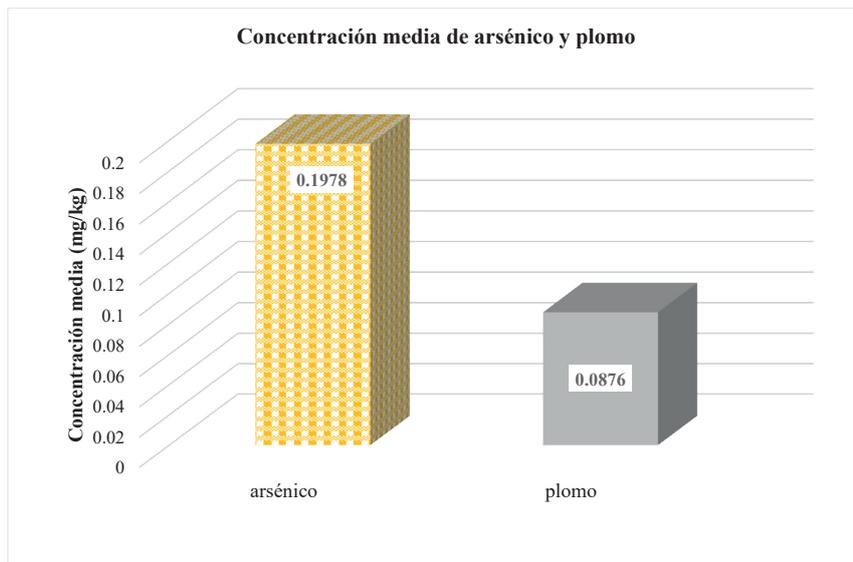


Figura 2. Determinación de arsénico y plomo en tomate

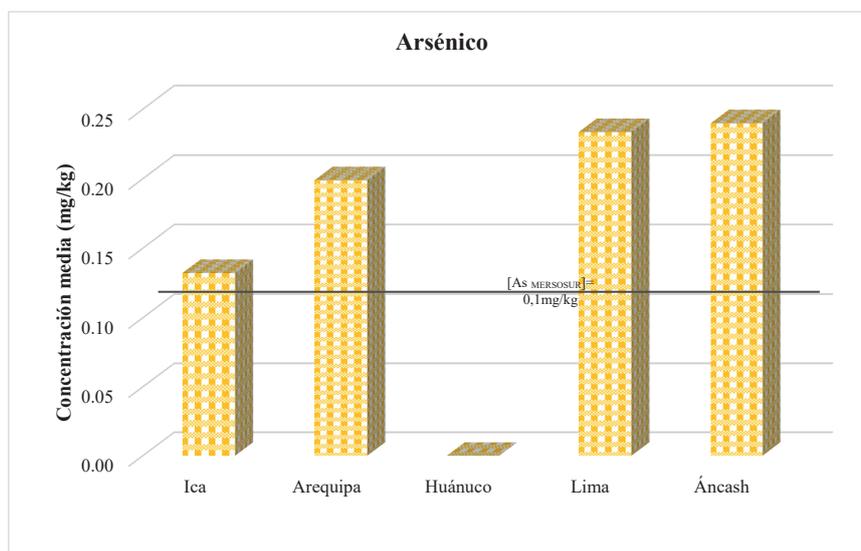


Figura 3. Determinación de arsénico en tomate según su procedencia

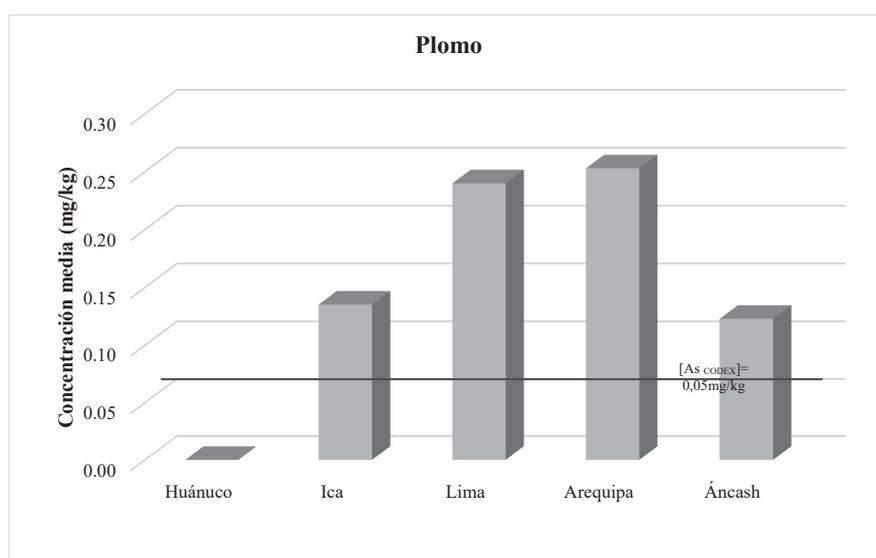


Figura 4. Determinación de plomo en tomate según su procedencia

Tabla 2. Resultados del índice de riesgo a la salud por ingesta de plomo y arsénico

Vegetal	Plomo	Arsénico
Tomate	2.18E-03	9.86E-02

la unidad ($RH < 1$). En este sentido, es importante tener en cuenta que a pesar de que las concentraciones medias de los metales estudiados superaron el estándar internacional, el riesgo humano estimado fue hallado aceptable debido a factores de exposición como la frecuencia y la tasa de ingesta; es decir, si la frecuencia de exposición varía al igual que la tasa de ingesta diaria, los resultados respecto del nivel de riesgo humano, también seguirían esa tendencia(23).

Asimismo, si las fuentes de contaminación se incrementan y se disminuye la distancia al punto de contaminación, el riesgo humano por exposición a agentes contaminantes también podría variar debido a que la exposición humana se incrementaría. Ello concuerda con lo referido por Barenys et al. (2014) quien evaluó el riesgo por la ingesta diaria de metales pesados en el agua potable y los alimentos encontrando que los niveles de arsénico y plomo estaban elevados en las dietas de la población que estaba más cerca de una mina de oro en Cajamarca, Perú(24).

CONCLUSIONES

En esta investigación se determinó que la concentración media de arsénico y plomo en tomate corresponden a 0,1978mg/Kg y 0,1047mg/Kg, respectivamente. Finalmente, se determinó el riesgo a la salud por ingesta de tomate con presencia de metales pesados (plomo y arsénico) y se concluyó que su consumo no representa un riesgo toxicológico significativo para las personas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mohammadi MJ, Yari AR, Saghazadeh M, Sobhanardakani S, Geravandi S, Afkar A, et al. A health risk assessment of heavy metals in people consuming Sohan in Qom, Iran. *Toxin Rev.* 2 de octubre de 2018;37(4):278-86.
- Tao C, Song Y, Chen Z, Zhao W, Ji J, Shen N, et al. Geological load and health risk of heavy metals uptake by tea from soil: What are the significant influencing factors? *CATENA.* septiembre de 2021;204:105419.
- Zhang H, Zhang F, Song J, Tan ML, Kung H, Johnson VC. Pollutant source, ecological and human health risks assessment of heavy metals in soils from coal mining areas in Xinjiang, China. *Environ Res.* noviembre de 2021;202:111702.
- Toledo-Hernández E, Santana-Flores A, Sánchez-Ayala A, Romero-Ramírez Y, Ortega-Acosta SÁ, Toribio-Jiménez J. Aislamiento e identificación de bacterias tolerantes y bioacumuladoras de metales pesados, obtenidas de los jales mineros El Fraile, México. *Rev TERRA Latinoam.* 31 de enero de 2020;38(1):67.
- Valcke M, Bourgault M-H, Rochette L, Normandin L, Samuel O, Belleville D, et al. Human health risk assessment on the consumption of fruits and vegetables containing residual pesticides: A cancer and non-cancer risk/benefit perspective. *Environ Int.* noviembre de 2017;108:63-74.
- Augustsson A, Uddh-Söderberg T, Filipsson M, Helmfrid I, Berglund M, Karlsson H, et al. Challenges in assessing the health risks of consuming vegetables in metal-contaminated environments. *Environ Int.* abril de 2018;113:269-80.
- Zeng X, Wang Z, Wang J, Guo J, Chen X, Zhuang J. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of wheat grown in Tianjin sewage irrigation area. *Ecotoxicology.* diciembre de 2015;24(10):2115-24.
- Muchuweti M, Birkett JW, Chinyanga E, Zvauya R, Scrimshaw MD, Lester JN. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: Implications for human health. *Agric Ecosyst Environ.* enero de 2006;112(1):41-8.
- Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy Metal Toxicity and the Environment. En: Luch A, editor. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology* [Internet]. Basel: Springer Basel; 2012 [citado 1 de marzo de 2022]. p. 133-64. (Experientia Supplementum; vol. 101). Disponible en: http://link.springer.com/10.1007/978-3-7643-8340-4_6.
- Londoño L, Londoño P, Muñoz F. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Rev.Bio. Agro.* Diciembre de 2016;14(2):145-153.
- Queirolo F. Total arsenic, lead, and cadmium levels in vegetables cultivated at the Andean villages of northern Chile. *Sci Total Environ.* 8 de junio de 2000;255(1-3):75-84.
- Arora M, Kiran B, Rani S, Rani A, Kaur B, Mittal N. Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. *Food Chem.* 15 de diciembre de 2008;111(4):811-5.
- Ma H, Hung M-L, Chen P-C. A systemic health risk assessment for the chromium cycle in Taiwan. *Environ Int.* febrero de 2007;33(2):206-18.
- Lima supera los 10 millones de habitantes al año 2022 [Internet]. [citado 4 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/lima-supera-los-10-millones-de-habitantes-al-ano-2022-13297/>
- Escobal D'Angelo J, Agreda Ugas V, editores. *Comercialización agrícola en el Perú.* 1. ed. Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE) : Agencia para el Desarrollo Internacional (AID); 1994. 329 p.
- Perú: Consumo per cápita de los principales alimentos 2008 - 2009. [Internet]. [citado 24 de junio de 2022] Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1028/Libro.pdf
- Quispe N, Zanabria D, Chavez E, Cuadros F, Carling G, Paredes B. Health risk assessment of heavy metals (Hg, Pb, Cd, Cr and As) via consumption of vegetables cultured in agricultural sites in Arequipa, Peru. *Chem Data Collect.* Junio de 2021;33:100723.

18. Dossier Tomate.pdf [Internet]. [citado 4 de abril de 2022]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1828921/Dossier%20Tomate.pdf>
19. Estudio de la concentración y absorción de macroelementos y metales pesados en el cultivo de algodón irrigado con aguas servidas en el sector de San Pedro Cachiche - Ica.pdf [Internet]. [citado 4 de abril de 2022]. Disponible en: <https://n9.cl/lrxoc>
20. López D. LK, García O. MM, Madueño V. FM, Bautista C. N, Marín V. GM, Olórtegui C. DS. Metales pesados en tres variedades de *Solanum tuberosum* L. (papa) expendidos en el mercado mayorista de Santa Anita (Lima-Perú). *Cienc E Investig*. 31 de agosto de 2020;23(1):25-30.
21. Román-Ochoa Y, Choque Delgado GT, Tejada TR, Yucra HR, Durand AE, Hamaker BR. Heavy metal contamination and health risk assessment in grains and grain-based processed food in Arequipa region of Peru. *Chemosphere*. julio de 2021;274:129792.
22. Galagarza OA, Ramirez-Hernandez A, Oliver HF, Álvarez Rodríguez MV, Valdez Ortiz M del C, Pachari Vera E, et al. Occurrence of Chemical Contaminants in Peruvian Produce: A Food-Safety Perspective. *Foods*. julio de 2021;10(7):1461.
23. Módulo III - Introducción a la evaluación de riesgo | Notas para la instrucción | ATSDR en Español [Internet]. 2019 [citado 4 de abril de 2022]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/3/es_lecturenotes.html
24. Barenys M, Boix N, Farran-Codina A, Palma-Linares I, Montserrat R, Curto A, et al. Heavy metal and metalloids intake risk assessment in the diet of a rural population living near a gold mine in the Peruvian Andes (Cajamarca). *Food Chem Toxicol*. 1 de septiembre de 2014;71:254-63.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Fuente de financiamiento

Autofinanciado.