



Received: April 20, 2024 / Accepted: May 26, 2024

Artículo Original

El cadmio en la papa (*Solanum tuberosum*) y su ingesta mensual tolerable provisional en consumidores de Lima Metropolitana, Perú

Cadmium in potatoes (*Solanum tuberosum*) and its provisional tolerable monthly intake in consumer from Metropolitan Lima, Peru

M. L. Ruiz-Calderón¹ , D. J. Miranda-Cabrera² 

<https://doi.org/>



Resumen

Objetivo: Evaluar la concentración de cadmio en la papa (*Solanum tuberosum*) y su ingesta mensual tolerable provisional en consumidores de los distritos de Lima Metropolitana, Perú. **Metodología:** El estudio se condujo mediante un diseño no experimental transversal, descriptivo y cuantitativo, con una muestra de 392 participantes. Se empleó un cuestionario de frecuencia alimentaria para estimar el consumo de alimentos preparados con papa. Se seleccionaron muestras de las variedades de papa Yungay, Canchan, Huayro, Amarilla y Peruanita, adquiridas en el mercado mayorista de Lima. Estas muestras se sometieron a análisis de concentración de cadmio, mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno grafito. **Resultados:** El consumo mensual de papa fue de 5,44 kg, con una concentración de cadmio de $3,9 \pm 0,8 \mu\text{g/kg}$ de papa. La ingesta mensual de cadmio a través de la papa representó el $0,33 \mu\text{g/kg}$ de peso corporal equivalente al 1,33% de la ingesta mensual tolerable de $25 \mu\text{g/kg}$ peso corporal. **Conclusión:** El consumo de papa no representa una contribución significativa a la ingesta mensual tolerable de cadmio para los habitantes de los distritos de Lima Metropolitana.

Palabras clave: cadmio, ingesta tolerable, consumo de papa, toxicidad, salud humana.

Abstract

Objective: To evaluate the concentration of cadmium in potatoes (*Solanum tuberosum*) and its relationship with the provisional tolerable monthly intake in consumers in the districts of Metropolitan Lima, Peru. **Methodology:** The study was conducted using a non-experimental, cross-sectional, descriptive and quantitative design, with a sample of 392 participants. A food frequency questionnaire was used to estimate the consumption of foods prepared with potatoes. Samples of Yungay, Canchan, Huayro, Amarilla and Peruanita potato varieties, purchased in the Lima wholesale market, were selected. These samples were analyzed using atomic absorption spectrophotometry for cadmium content with a graphite oven. **Results:** Monthly potato consumption was 5.44 kg *per capita*, with a cadmium content of $3.9 \pm 0.8 \mu\text{g/kg}$ of potato. The monthly cadmium intake through potatoes represented $0.33 \mu\text{g/kg}$ body weight equivalent to 1.33% of the tolerable monthly intake of $25 \mu\text{g/kg}$ body weight. **Conclusion:** Potato consumption in the districts of Metropolitan Lima, did not represent a significant contribution to the tolerable monthly intake of cadmium for human health.

Key words: cadmium, tolerable intake, potato consumption, toxicity, human health.

¹Universidad Femenina Sagrado Corazón, Av. Los Frutales 954 - La Molina, Lima-Perú. E-mail: maria.ruiz@unife.pe

²Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho-Perú. E-mail: dmiranda@unjfsc.edu.pe

Introducción

En Perú, el consumo de papa es elevado, con una amplia variedad de preparaciones culinarias populares en Lima Metropolitana. Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], (2021) la papa es el segundo cultivo más importante en el país. Sin embargo, la siembra, cosecha y comercialización de este tubérculo se lleva a cabo en áreas con niveles preocupantes de contaminación en el suelo, agua y aire, lo que potencialmente conlleva riesgos de toxicidad para la población, dependiendo de su estilo de vida, salud y edad (Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR], 2012). Por esta razón, el MIDAGRI (2021) incluyó a los metales pesados en su plan de monitoreo ambiental.

Entre las sustancias tóxicas, se encuentran los metales pesados, siendo uno de ellos el cadmio, cuya toxicidad para el organismo humano depende de su concentración y la cantidad de alimento ingerido. Aunque este mineral existe en forma natural en el medio ambiente, también es generado por actividades humanas y no es esencial para la nutrición. El cadmio se acumula en el riñón, pudiendo provocar pérdida de minerales en los huesos y dificultar la absorción de hierro, debido a su eliminación lenta. Además, está vinculado al desarrollo del cáncer en órganos como el pulmón, vejiga, endometrio y mamas.

Todas las personas están expuestas a niveles mínimos de cadmio, y la gravedad de la intoxicación depende de la cantidad, el tiempo y forma de exposición (European Food Safety Authority [EFSA], 2009; Díaz, 2014). El Codex Alimentario ha fijado un límite máximo del cadmio de 0,1 mg/kg de papa fresca (FAO/OMS, 2019), un umbral que ha resultado excedido según los estudios de Luna & Rodríguez (2016) y Camas & Valqui (2016). Por otro lado, en el 2010 el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios [JEFCA], (2010) estableció una ingesta mensual tolerable provisional del cadmio de 25 µg/kg peso corporal, indicando así un riesgo potencial para la salud por el consumo habitual de la papa. Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue evaluar la concentración de cadmio en la papa y su relación con la ingesta mensual tolerable provisional en consumidores de 15 distritos de Lima Metropolitana, Perú.

Metodología

El estudio se llevó a cabo en 15 distritos de Lima metropolitana (Tabla 1), que albergan una población total de 1 786 160 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2014). La muestra comprendió a hombres y mujeres entre 18 a 85 años de edad residentes en estos distritos. El tamaño total de la muestra fue de 392 personas, determinado por la expresión:

$$n = z^2 pq / e^2 \text{ (Morales, 2012)}$$

Luego, se procedió a estratificar la muestra total según los distritos (Tabla 1), utilizando la siguiente fórmula: $n_{\text{distrito}} = n_{\text{total}} \times \text{población del distrito} / \text{población total}$

Tabla 1

Numero de encuestas realizadas por distrito en Lima

Distrito	Numero habitantes	Numero de encuestas por distrito
Surco	344 242	76
Cercado	271 814	59
La Victoria	171 779	37
Rimac	164 911	36
San Miguel	135 506	29
San Borja	111 928	24
Surquillo	91 346	22
Miraflores	81 932	18
Breña	75 925	16
Pueblo Libre	76 114	16
Jesús María	71 589	15
Lince	59 213	13
Magdalena	54 656	12
San Isidro	54 206	12
Barranco	29 984	7
Total	1 786 160	392

Posteriormente se llevó a cabo una encuesta de frecuencia alimentaria a los participantes para estimar el consumo de alimentos preparados con papa. Los participantes de la muestra fueron seleccionados aleatoriamente en lugares públicos de los 15 distritos seleccionados y se le solicitó su consentimiento informado para participar en el estudio.

Se adquirieron muestras de papas en 10 puestos de venta del Mercado Mayorista de Lima, con el propósito de determinar el contenido de cadmio en la parte comestible del tubérculo (López et al., 2020 ; Marín, 2014; Gonzales, 2013). Para este fin, se empleó el método de espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito. Se seleccionaron las variedades de papa de mayor volumen de comercialización, que incluyeron Yungay, Canchan, Huayro, Amarilla y Amarilla peruanita, adquiriendo 2 kg de cada variedad. Investigaciones previas, indican que la cocción tiene efecto limitado sobre la concentración de cadmio (Perello et al., 2008 ; Inobeme et al., 2020; Joyce et al., 2016).

La exposición dietética mensual al cadmio debido al consumo de papa (ED_{cd}) se determinó considerando los siguientes factores: Consumo promedio de papa (C), la concentración promedio de cadmio por kilo de papa analizada (C_{cd}) y peso corporal promedio (P), mediante la expresión: $ED_{cd} = C \times C_{cd} / P$

Posteriormente, se calculó el porcentaje que representa la exposición dietética al cadmio debido al consumo de papa en relación con la exposición dietética mensual provisional al cadmio establecida en 25 µg/kg de peso corporal (Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios, 2010), considerando que un 10% de contribución se considera significativa. Se presentaron los datos de la exposición dietética al cadmio por el consumo de papa desglosados por género y edad.

Para determinar la frecuencia de consumo en los diferentes tipos de comidas hechos con papa y el consumo promedio mensual total, por grupo de edad, género y región geográfica de nacimiento se utilizó el Programa Excel. Este mismo programa se utilizó para los resultados de la ingesta mensual provisional tolerable así como para las diversas tablas elaboradas. Los percentiles se usaron para representar a los consumidores de grandes porciones. Se utilizaron el percentil 95 y el percentil 97 dado que representaron al 5 % y 3% de las personas con el consumo más alto dado que según la FAO y la OMS se debe considerar a las personas con alto consumo para hacer un estudio fino y no subestimar la exposición dietética del cadmio en estos participantes. Asimismo para comprobar si el consumo de papa sigue una distribución normal se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y La Prueba de Kruskal- Wallis para ver si hay diferencias estadísticas en el consumo

de papa por grupo de edad y región geográfica de nacimiento, utilizándose el programa SPSS Statistics Ver.25.

Resultados y discusión

En los distritos seleccionados, las comidas en las que los habitantes consumen papas con frecuencia se distribuye de la siguiente manera: guisos (11,58%), sopas (9,91%), guarniciones (4,47%), papas fritas (4,08%), puré de papas (3,08%) , ensaladas (2,99%) y otros (3,84%). Además, el 54,23% de la muestra encuestada no consume papas industrializadas o lo hace menos de una vez al mes, mientras que el 40,1% y el 5,6% ingieren papas en ensaladas y chuño, respectivamente.

El consumo promedio mensual de papa se situó en 5,44 kg, lo que equivale a un total anual de 65,28 kg *per cápita*, representando el 69,4% del consumo estimado para el año 2021 (MIDAGRI, 2020). Sin embargo, es crucial tener en cuenta que esta estimación abarca todo el país y no limita exclusivamente a los distritos analizados. Mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov se verificó que el consumo mensual de papa no sigue una distribución normal, con un *p* valor por debajo de 0,05. En los percentiles 95 y 97, el promedio mensual de consumo se elevó a 13,67 y 14,82 kg, respectivamente. Además, se observó que el consumo mensual de papa varía según el género, con un promedio de 6,38 kg para los hombres y 4,36 kg para las mujeres, siendo el género masculino mayoritario con un 53,6% de los participantes. La tabla 2 muestra el consumo promedio de papas por edad, destacándose que el grupo de 65 a 74 años el que presenta un mayor consumo de este alimento.

Tabla 2

Promedios de consumo mensual de papas (kg) por grupo de edad (años)

Grupo de edad (años)	Muestra	Promedio(Kg)
18-24	72	6,45
25-39	121	5,18
40-49	102	5,06
50-64	63	5,04
65-74	23	6,51
75-85	11	5,21

En cuanto al lugar de nacimiento, se observa que el grupo de origen extranjero registra el mayor consumo de papa mensual con 5,78 kg (Tabla 3).

Tabla 3

Promedios de consumo mensual de papas por lugar de nacimiento

Lugar de nacimiento	Muestra	Promedio
Costa	296	5,41
Sierra	56	5,65
Selva	16	4,69
Extranjero	24	5,78

La prueba de Kruskal- Wallis reveló que no hay diferencias significativas en el consumo de papa según el grupo de edad y la región geográfica de nacimiento, dado que los valores de p fueron 0,103 y 0,88 respectivamente; ambos valores superan el nivel de significancia de 0,05.

La concentración promedio de cadmio en las muestras de papa analizadas fue de $0,0039 \pm 0,0008$ mg/kg (Tabla 4). Aunque la variedad Yungay mostró una concentración ligeramente mayor de cadmio, esta cifra no sobrepasó el límite máximo permitido por el Codex Alimentario (FAO/OMS, 2019) que es de 0,1mg/kg. La toxicidad asociada al cadmio en la papa está determinada por su concentración y la cantidad consumida del alimento. En este caso, la concentración observada no representa ningún riesgo para la salud de los habitantes en los distritos estudiados.

Tabla 4

Contenido de cadmio según variedades de papa

Variedad de papa	Contenido de Cadmio (base seca en mg/kg)
Yungay	0,0042
Canchan	0,0038
Amarilla	0,0039
Peruanita	0,0033
Huayro	0,0037

En un estudio previo sobre papa negra realizado por Borda & Lahuara (2021), se encontró una concentración de cadmio diez veces mayor que la registrada en esta investigación. Por otro lado, López et al. (2020) reportaron concentraciones de cadmio entre 0,0072 y 0,0282 mg/kg de papa, en variedades y centros de compra de papa similares, lo que sugiere que las diferencias podrían estar relacionadas con los métodos de análisis utilizados.

Estudios realizados en zonas mineras por Luna (2016) y Regalado (2019) reportan niveles de cadmio en la papa superiores a 0,31mg/kg. En contraste, Rodríguez (2018) empleando un método de determinación similar al estudio, encontró resultados significativamente más bajos: $0,000208 \pm 0,000180$ µg/kg. Estas diferencias en los resultados podrían atribuirse a una variedad de factores, como las condiciones agronómicas, variedades de papa, ubicación geográfica del cultivo, concentración de otros minerales y los métodos analíticos utilizados (European Foods Safety Authority, 2012; Mc Laughlin, 2016).

El cálculo de la exposición dietética mensual al cadmio, determinado por el consumo de papa (IMTP) entre los habitantes de los distritos seleccionados de Lima Metropolitanas, mostró un promedio de $0,33 \pm 0,24$ µg/k-p.c. Esto representa el $1,33 \pm 0,95\%$ de la ingesta tolerable mensual de cadmio que es de 25 µg/kg-p.c., no siendo significativo su aporte. El Codex Alimentario señala que la contribución de un alimento es significativa cuando tiene un valor de 10%.

Al determinar el percentil 97, se encontró que el consumo de papa mensual alcanzó los 14,87 kg, mientras que la concentración de cadmio asociada a este consumo se situó en el límite superior de los resultados, registrando 4,82 µg/kg. La exposición dietética mensual calculada fue de 1,1 µg/kg. En consecuencia, la contribución a la ingesta máxima tolerable de papa (IMTP) fue del 4,4%, lo que representa tres veces más que el consumidor promedio y la concentración promedio de cadmio en la papa. Sin embargo, esta cifra no excede el 10% establecido por el CODEX Alimentario. Estos resultados fueron consistentes con los resultados obtenidos en un estudio similar realizados por Marín (2014).

En la tabla 5 se detalla la contribución al

IMTP según género y grupo de edad, donde se destaca que el género masculino entre 18 y 24 años presenta la mayor contribución alcanzando el 1,96%.

Un estudio similar realizado por Gonzales (2013) reveló contribuciones del 2,46% para mujeres entre 18 a 24 años y del 2,71% para hombres de 65 a 75 años. En contraste, en la investigación, estas mismas cohortes de edad mostraron contribuciones inferiores al 1,35% y al 1,63%, respectivamente. Esta discrepancia podría atribuirse a las concentraciones de cadmio en la papa, que fueron mayores al estudio de Gonzales. La segmentación por edad y género en el estudio permite una evaluación más detallada del riesgo. Es importante destacar que la toxicidad del cadmio depende no sólo de la cantidad consumida a través de la papa, sino también de la edad y el género de los individuos.

Grupo de edad (años)	% de contribución al IMTP (25µg/kg de peso corporal)	
	Genero	
	Femenino	Masculino
18-24	1,35	1,96
25-39	1,12	1,41
40-49	1,02	1,37
50-64	0,95	1,34
65-74	1,61	1,63
75-85	1,40	1,37
Promedio	1,24	1,51

Conclusiones

La ingesta mensual tolerable de cadmio a través del consumo de papa no representa un peligro para salud de la población en los distritos estudiados. Su contribución equivale al 1,33% del total permitido. Las muestras de papa presentan una concentración promedio de cadmio $0,00392 \pm 0,0008$ mg/kg, lo cual está por debajo del valor máximo permitido de 0,1 mg/kg.

Referencias

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR]. (2012). *Toxicological Profile for Cadmium*. U.S. Department of health and human . <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>
- Borda, B., & Lahura, N. (2021). Incidencia de los metales pesados, en la calidad de la papa negra "*Solanum tuberosum*" proveniente de la provincia de Tarma, Junín, Perú. *Cátedra Villarreal*, 9(1), 1-24. <https://doi.org/10.24039/cv2020821046>
- Camas, D & Valqui, R. X. (2016). *Evaluación de la concentración de cadmio en áreas de cultivo de papa (Solanum tuberosum) de la localidad de Cohechán, distrito de Conila, Provincia de Luya, Departamento de Amazonas - 2016*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1508>
- Corral, Y. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de la Educación*, 19(33), 228-247. <https://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf>
- Díaz, D. (2014). *Concentración de cadmio en sangre en una población laboral*. [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. <https://docta.ucm.es/entities/publication/b6ca0cc3-08f6-40ae-8f67-9bfcfe7840ab>
- Escurrea, L. M. (1988). Cuantificación de la validez de contenido por criterio de jueces. *Revista de Psicología*, 6(1-2), 103-109. <https://doi.org/10.18800/psico.198801-02.008>
- European Foods Safety Authority [EFSA]. (2012). Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal*, 10(1), 2551. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2551>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2019). *Norma general para los contaminantes y las toxinas en los alimentos y piensos*. CODEX STAN 193-1995. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/

- ivestockgov/documents/CXS_193s.pdf
- González, L. (2014). *Metales esenciales y tóxicos en papas antiguas, papas importadas y otros tubérculos comercializados en la isla de Tenerife. Evaluación toxicológica*. [Tesis doctoral, Universidad de la Laguna]. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/69>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. P. (2010). *Metodología de la investigación*. https://www.academia.edu/20792455/Metodolog%C3%ADa_de_la_Investigaci%C3%B3n_5ta_edici%C3%B3n_Roberto_Hern%C3%A1ndez_Sampieri
- Inobeme, A., Ajai, A., Eziukwu, C., Obigwa, P., Okonkwo, S., Lucky, E. (2020). Effect of cooking methods on heavy metals content of food. *Journal of Xidian University*, 14, (8), 704-714. <https://doi.org/10.37896/jxu14.8/076>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2009). *Perú: Estimaciones y Proyecciones de Población por Sexo, según Departamento, Provincia y Distrito, 2000-2015*. Boletín Especial N° 18. <https://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioinei/pub/bacopub/Est/Lib0842/libro.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2014). *Una mirada a Lima Metropolitana*.
- Joint FAO/WHO expert committee on food additives - JECFA. 73° meeting. (2010). *Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants*. WHO Technical Report Series 960. World Health Organization. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44515/WHO_TRS_960_eng.pdf?sequence=1
- Joyce, K., Emikpe, B. O., Asare D. A., Asenso T. N., Richmond, Y., & Afusat, J. L. (2016). Effects of Different Cooking Methods on Heavy Metals Level in Fresh and Smoked. *Journal of Food Processing & Technology*, 7 (9) , 1000617. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000617>
- López, L., García, M., Madueño, F., Bautista, N., Martín, G., & Olórtégui, D. (2020). Metales pesados en tres variedades de *Solanum tuberosum* L. (papa) expendidos en el mercado mayorista de Santa Anita (Lima-Perú). *Ciencia e Investigación*, 23(1), 25-30. <https://doi.org/10.15381/ci.v23il.18719>
- Luna, R. N. (2016). *Determinación de las concentraciones de cadmio y plomo en papa (Solanum tuberosum) cosechada en las cuencas de los ríos Mashcón y Chonta – Cajamarca* [Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4678>
- McLaughlin, M. (2016). *Heavy metals in agriculture with a focus on Cadmium*. CSIRO Land and Water. <https://set.adelaide.edu.au/fertiliser/system/files/media/documents/2020-01/pres-heavy-metals-in-agriculture-with-a-focus-on-cadmium-ecuador.pdf>
- Marín, S. (2014). *Estudios de la dieta total. Exposición de la población de la comunitat valenciana y evaluación del riesgo* [Tesis doctoral, Universidad de Valencia]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=96472>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI] (2020). *Análisis de mercado. Papa 2020*. https://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/20.500.13036/841https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1168/libro.pdf
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2021). *Plan Anual de Monitoreo de residuos químicos y otros contaminantes en alimentos agropecuarios primarios y piensos para el año 2021*. <https://www.gob.pe/institucion/senasa/informes-publicaciones/1924764-aprueban-plan-de-monitoreo-de-residuos-y-contaminantes-en-alimentos-agropecuarios-2021>
- Morales, P. (2012). *Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos?* Madrid: Universidad Pontificia Comillas. Facultad de Humanidades. <https://es.scribd.com/doc/133078452/Morales-P-Tamano-necesario-de-la-muestra-Cuantos-sujetos-necesitamos>
- Perelló, G., Martí-Cid, R., Llobet, J., & Domingo, J. (2008). Effects of various cooking processes on the concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in foods. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(23), 11262-11269.

<https://doi.org/10.1021/jf802411q>

- Regalado, F., & Peláez, F. (2019). Determinación de contaminantes químicos en alimentos cultivados procedentes de la minería en Shiracmaca Huamachuco - La Libertad 2012-2013. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15 (2) , 27 - 40 .
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2371>
- Rodríguez, J. F. (2018). *Evaluación del contenido de minerales tóxicos en zanahoria (Daucus carota) y tres variedades de papa (Solanum tuberosum) del Valle del Mantaro*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro] .
<https://hdl.handle.net/20.500.12894/478>