

NIVELES DE METALES PESADOS EN LECHE Y QUESO EXPENDIDOS EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA, PERÚ

Heavy metal levels in milk and cheese marketed in the city of Cajamarca, Peru

✉ Yessica Monteza, ✉ Mayllenn Díaz, ✉ Milenn Infante-Mendo*, ✉ Crisanto J. Villanueva

Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa 1050, Cajamarca 06003, Cajamarca, Perú.

RESUMEN: Los metales pesados son contaminantes ambientales altamente nocivos debido a su toxicidad, longevidad en la atmósfera y su capacidad de acumularse en el cuerpo humano y otros organismos biológicos. El descuido ambiental y una crianza inadecuada de los animales de granja permiten que sus productos puedan contener niveles elevados de metales pesados, lo que representa un riesgo a la salud pública y ambiental. El objetivo de este estudio fue determinar los niveles de cadmio y plomo en muestras de leche de vacas alimentadas con pastos regados con aguas servidas, así como en quesos comercializados en la ciudad de Cajamarca. Se tomaron ocho muestras de leche, 12 de queso y se analizaron mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica en Horno de Grafito (GFAAS). En las muestras de leche, el nivel de plomo osciló entre 0,400 y 0,632 mg/L y el cadmio desde < 0,001 a 0,008 mg/L ($p=0,000$). Por su parte, todas las muestras de queso tuvieron niveles inferiores a 0,02 mg/kg de plomo y menores a 0,01 mg/kg de cadmio. Los resultados sugieren que la presencia de plomo en la leche probablemente puede estar relacionada con el uso de forrajes regados con aguas residuales. Además, este resultado enfatiza la necesidad de un monitoreo y gestión continua del contenido de metales pesados en los alimentos, especialmente a medida que evolucionan las prácticas agrícolas y de producción láctea.

Palabras clave: *Bos taurus*, cadena alimenticia, inocuidad alimentaria, lácteos, tóxico.

ABSTRACT: Heavy metals are highly harmful environmental pollutants due to their toxicity, persistence in the atmosphere and their ability to accumulate in the human body and other biological organisms. Environmental negligence and improper husbandry of farm animals can allow their products to contain elevated levels of heavy metals, posing a risk to public and environmental health. This study aimed to determine the levels of cadmium and lead in milk samples from cows fed forage irrigated with sewage water, as well as in cheeses marketed in the city of Cajamarca, Peru. Eight milk and 12 cheese samples were taken and analyzed using Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry (GFAAS). In the milk samples, the lead level ranged from 0.400 to 0.632 mg/L and cadmium from <0.001 to 0.008 mg/L ($p=0.000$). Meanwhile, all cheese samples had levels below 0.02 mg/kg for lead and less than 0.01 mg/kg for cadmium. The results suggest that the presence of lead in the milk is likely related to the use of forage irrigated with wastewater. Furthermore, this finding underscores the need for continuous monitoring and management of heavy metal content in food, especially as agricultural and dairy production practices evolve.

Key words: *Bos taurus*, food chain, food safety, dairy products, toxic.

CONTENIDO

La leche es uno de los alimentos más completos del mundo. A pesar que en la actualidad, el mercado desafía su lugar con leches procesadas y vegetales, esta no ha sido superada por su calidad nutritiva (1). Junto a sus derivados, la leche garantiza la supervivencia y la aptitud de los mamíferos, incluyendo el ser humano quien posee el gen LCT, el cual mantiene la actividad de la lactasa hasta la vida adulta lo que le permite su digestión (2).

La leche y los productos lácteos son ricos en nutrientes de fácil absorción, incluidos calcio, magnesio, potasio, zinc

y fósforo; además de proteínas, grasas, carbohidratos y sustancias bioactivas, siendo esenciales en la dieta humana (3, 4). No obstante, estos productos son susceptibles a la contaminación por metales pesados entre los cuales se han encontrado, cromo, mercurio, plomo, cadmio, y arsénico, representando un riesgo potencial para la salud pública (5, 6). Esta situación es alarmante dado que, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) clasificó a estos tres últimos como carcinógenos comprobados (grupo I) (7). Además, no se biodegradan fácilmente y se transportan fácilmente a la cadena alimentaria (8).

*Correspondencia a: Milenn Infante-Mendo. E-mail: minfantem18_1@unc.edu.pe

Recibido: 06/04/2025

Aceptado: 16/08/2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.

Contribución de los autores: Investigación, recursos, escritura, revisión y edición: Yessica Monteza, Mayllenn Díaz. Análisis formal, escritura del borrador original, visualización, escritura, revisión y edición: Milenn Infante-Mendo. Conceptualización, supervisión, escritura, revisión y edición: Crisanto J. Villanueva. Todos los autores revisaron la versión final del manuscrito.



Los metales pesados llegan al consumidor por diferentes vías naturales e industriales. En el caso de la leche, la transferencia de estos contaminantes a las vacas ocurre fundamentalmente a través de la ingestión de forraje contaminado, el cual puede acumular metales pesados provenientes del suelo o incluso del agua de riego utilizada en esta, la cual puede estar contaminada con aguas residuales o efluentes industriales. Esta situación puede agravarse por el consumo de agua, ya sea superficial o subterránea (9). Adicionalmente, la contaminación atmosférica representa un factor crítico, ya que la deposición de partículas contaminantes sobre el forraje puede incrementar la carga de metales pesados disponible para ingesta (10).

En Cajamarca, una de las principales cuencas lecheras de Perú, no se han planteado políticas al respecto o seguimiento de la inocuidad de la leche y derivados para el consumo humano. Por tanto, el objetivo del estudio fue evaluar los niveles de cadmio y plomo en leche de vacas alimentadas con pastos regados con aguas residuales, así como en quesos expendidos en la ciudad de Cajamarca, Perú.

El muestreo se realizó en la ciudad de Cajamarca (Cajamarca, Perú), siguiendo la normativa técnica peruana NTP-ISO 2859-1:2009 para muestreo de alimentos. Se seleccionaron cuatro fundos ganaderos que criaban vacas lecheras al pastoreo junto al río San Lucas, cuyas aguas residuales sin tratar se usan para regar los pastos del ganado. De cada fundo, se tomaron dos muestras de leche en frascos de vidrio (2 L cada una), sumando un total de ocho muestras, las cuales fueron enviadas al laboratorio Delta S.R.L. en Trujillo (La Libertad, Perú). De manera independiente, se recolectaron un total de 12 muestras de quesos (100 g cada una), adquiridas en los principales puntos de venta de la ciudad (Jr. Amazonas y Jr. Dos de Mayo). Estas muestras se almacenaron en bolsas Ziploc y fueron enviadas para análisis en el mismo laboratorio.

El análisis de las muestras de queso y leche se realizó mediante la técnica de espectrofotometría de absorción atómica en horno de grafito (11). En tubos de teflón se colocaron 5 mL de muestras, 3 mL de ácido nítrico (HNO₃) ultrapuro concentrado, 1 mL de ácido clorhídrico (HCl) ultrapuro concentrado y 0,5 mL de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) ultrapuro. Posterior, estas fueron digeridas mediante ácidos fuertes, siendo llevadas a digestión a una potencia de 1400 vatios durante 15 minutos y se dejó enfriando por 45 minutos. Finalmente, la solución se vertió en una fiola de

50 mL y se agregó agua ultrapura tipo 1. En viales cónicos estériles se depositaron 2 mL y se llevó al espectrómetro de absorción atómica Perkin Elmer Analyst 200 para su respectiva lectura.

Los niveles de plomo y cadmio se ordenaron en MS Excel y se analizaron mediante estadística descriptiva. La normalidad del plomo se analizó mediante Shapiro-Wilk ($p < 0,05$) y la comparación a par se realizó con U de Mann Whitney, considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$. Los análisis se ejecutaron en IBM SPSS v27 (IBM Corporation, EUA).

Los niveles de plomo en muestras de leche oscilaron entre 0,400 y 0,632 mg/L, mientras que para cadmio la mayoría se mantuvo en valores $< 0,001$ mg/L, con algunos casos hasta 0,008 mg/L (Tabla 1).

En todas las muestras de quesos, las concentraciones de cadmio y plomo fueron menores a los límites máximos permisibles (0,01 y 0,02 mg/kg, respectivamente). Sin embargo, en todas las muestras de leche, los niveles de plomo excedieron el límite máximo establecido por el Codex Alimentarius (CODEX STAN 193-1995)(12) (Fig.1). Dado que este reglamento no fija límites para el cadmio en leche y derivados, se comparó con los niveles de cadmio según la Norma Técnica Rumana (Orden 975/1998)(13), bajo la cual todas las muestras estuvieron por debajo del límite máximo permisible.

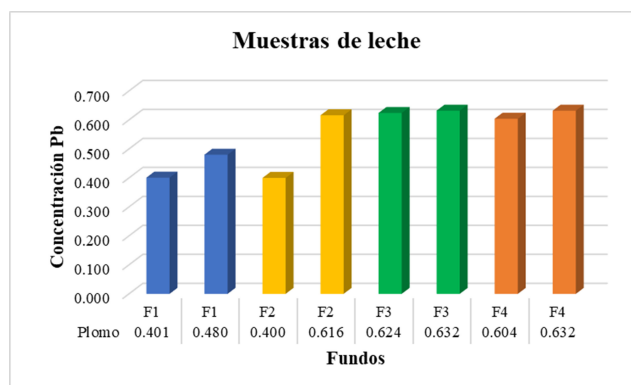


Figura 1. Niveles de plomo en las muestras de leche de vacunos de cuatro fundos alimentados con forraje regado con aguas servidas en la ciudad de Cajamarca, Perú. / Lead levels in milk samples from cattle from four farms fed forage irrigated with sewage water in the city of Cajamarca, Peru.

Tabla 1. Niveles de cadmio y plomo en leche de vacas alimentadas con forraje regado con aguas residuales en la ciudad de Cajamarca, Perú. / Cadmium and lead levels in milk from cows fed forage irrigated with wastewater in the city of Cajamarca, Peru.

Metales Pesados	Medida	Fundo 1 (n=2)	Fundo 2 (n=2)	Fundo 3 (n=2)	Fundo 4 (n=2)
Plomo (Pb)	Media ± DE	0,441 ± 0,056 ^b	0,621 ± 0,016 ^a	0,515 ± 0,021 ^b	0,610 ± 0,014 ^a
	Mínimo	0,401	0,400	0,624	0,604
	Máximo	0,480	0,616	0,632	0,632
	Muestras > 0,02 mg/kg	2 de 2 (100%)	2 de 2 (100%)	2 de 2 (100%)	2 de 2 (100%)
Cadmio (Cd)	Media ± DE	<0,001 ^c	0,0045 ± 0,0055 ^c	0,004 ± 0,005 ^c	0,004 ± 0,003 ^c
	Mínimo	<0,001	<0,001	<0,001	0,008
	Máximo	<0,001	0,008	<0,001	0,008
	Muestras > 0,01 mg/kg	0 de 2 (0%)	0 de 2 (0%)	0 de 2 (0%)	0 de 2 (0%)

^{a,b,c} Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre grupos dentro de cada columna, según prueba U de Mann-Whitney ($p < 0,05$).

Dado que todas las muestras de leche sobrepasaron los niveles máximos permisibles establecidos por el Codex Alimentarius, representa un riesgo a la salud de los consumidores locales. Estos niveles podrían atribuirse a las altas concentraciones de plomo en las pasturas consumidas por las vacas. Un estudio local previo reportó que las aguas del río San Lucas (Cajamarca) se encontraban altamente contaminadas, sobre todo en plomo (14). Además, otro estudio *in vitro* realizado en la misma zona, demostró que el raigrás italiano (*Lolium multiflorum*) y el trébol blanco (*Trifolium repens*) irrigadas con aguas residuales acumularon metales pesados, con mayor concentración de cromo (Cr), seguido por Pb y Cd, sin afectar su crecimiento (15).

Similar a los resultados de este estudio, también se han evidenciado asociaciones positivas entre los niveles de los metales pesados como Cd, Pb y mercurio (Hg) en el alimento y la leche de vacas alimentadas con cultivos irrigados con aguas residuales (16). Los metales en la leche y sus derivados pueden provenir principalmente del alimento consumido por los animales, en este caso alimentos como raigrás y trébol que son regadas con aguas servidas del río San Lucas. Análogamente otros estudios han encontrado que los niveles de Pb, As, Cr y Cd en la leche se correlacionaron positivamente al ensilaje, agua y suelo en diferentes lugares del mundo, tales como en China (17), México (9), India (18) y Pakistán (19).

En las 12 muestras de queso, las concentraciones de plomo y cadmio fueron inferiores a 0,02 y 0,01 mg/kg, respectivamente, valores que no exceden los límites máximos permisibles establecidos por el Codex Alimentarius (0,02 mg/kg para plomo) y la Norma Técnica Rumana (0,01 mg/kg para cadmio). En contraste, Ibrahim *et al.* (20), reportaron niveles altos de metales pesados, especialmente Pb hasta en un 60% de los quesos. Esto podría atribuirse a diferentes métodos utilizados para la producción del queso y del tipo de queso, salvo el Pb que se mantiene en los diferentes niveles de la cadena alimentaria. Según Penaud *et al.* (21), durante la maduración del queso, los lactobacilos, pueden absorber metales pesados, lo que explicaría la variabilidad en los niveles de estos compuestos en productos lácteos derivados.

En conclusión, la leche de vaca alimentada con forraje regado con aguas residuales en cuatro predios ganaderos de Cajamarca (Perú), presentó niveles de plomo superiores a los límites máximos permisibles establecidos por el Codex Alimentarius, lo que implica un potencial riesgo para la salud pública. En contraste, los niveles de cadmio y plomo en quesos estuvieron por debajo de los límites permitidos según la Norma Técnica Rumana y el Codex Alimentarius.

Estos hallazgos corresponden a un estudio preliminar con un número reducido de muestras, por lo que se recomienda ampliar el tamaño de muestra y realizar un análisis de riesgo para obtener conclusiones más precisas. Además, se sugiere implementar monitoreos integrales no solo del agua, sino también del suelo, aire y forraje para garantizar la producción segura de leche y derivados lácteos, protegiendo así la salud de la población.

REFERENCIAS

1. Silva ARA da, Santelli RE, Braz BF, Silva MMN, Melo L, Lemes AC, et al. A Comparative Study of Dairy and Non-Dairy Milk Types: Development and Characterization of Customized Plant-Based Milk Options. *Foods* 2024;13. <https://doi.org/10.3390/foods13142169>.
2. Irving Pease EK, Refoyo Martínez A, Barrie W, Ingason A, Pearson A, Fischer A, et al. The selection landscape and genetic legacy of ancient Eurasians. *Nature* 2024;625:312-20. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06705-1>.
3. Mezzetti M, Passamonti MM, Dall'Asta M, Bertoni G, Trevisi E, Ajmone Marsan P. Emerging Parameters Justifying a Revised Quality Concept for Cow Milk. *Foods* 2024;13:1650. <https://doi.org/10.3390/foods13111650>.
4. Cimmino F, Catapano A, Petrella L, Villano I, Tudisco R, Cavaliere G. Role of Milk Micronutrients in Human Health. *Front Biosci* 2023;28:41. <https://doi.org/10.31083/j.fbl2802041>.
5. de Andrade VL, Ribeiro I, dos Santos APM, Aschner M, Mateus ML. Carcinogenic Risk from Lead and Cadmium Contaminating Cow Milk and Soya Beverage Brands Available in the Portuguese Market. *J Xenobiotics* 2024;14:798-811. <https://doi.org/10.3390/jox14020045>.
6. Yan M, Niu C, Li X, Wang F, Jiang S, Li K, et al. Heavy metal levels in milk and dairy products and health risk assessment: A systematic review of studies in China. *Sci Total Environ* 2022;851:158161. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158161>.
7. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. *Arsenic, Metals, Fibres and Dusts*. Lyon, France: 2012.
8. Rice KM, Walker EM, Wu M, Gillette C, Blough ER. Environmental Mercury and Its Toxic Effects. *J Prev Med Public Heal* 2014;47:74-83. <https://doi.org/10.3961/jpmp.2014.47.2.74>.
9. Numa Pompilio C-G, Francisco C-S, Marco Tulio F de M-T, Sergio Samuel S-M, Fernanda Elisa G-J. Heavy metals in blood, milk and cow's urine reared in irrigated areas with wastewater. *Heliyon* 2021;7:e06693. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06693>.
10. Castro Bedriñana J, Chirinos Peinado D, Ríos Ríos E, Machuca Campuzano M, Gómez Ventura E. Dietary risk of milk contaminated with lead and cadmium in areas near mining-metallurgical industries in the Central Andes of Peru. *Ecotoxicol Environ Saf* 2021;220:112382. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112382>.
11. González E, Ahumada R, Medina V, Neira J, González U. Espectrofotometría de absorción atómica con tubo en la llama: aplicación en la determinación total de cadmio, plomo y zinc en aguas frescas, agua de mar y sedimentos marinos. *Quim Nova* 2004;27:873-7. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000600006>.
12. Comisión del Codex Alimentarius. Norma General para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995). Roma: 1995.

13. Portal Legislativ. Limite maxime de arsen și metale grele în alimente | Normă (Límites máximos de arsénico y metales pesados en los alimentos | Norma). Rumania: 1998.
14. Abel SC. Remoción de plomo de las aguas del río San Lucas utilizando biofiltro de arcilla y hojas de nogal - Cajamarca". Universidad San Pedro, 2019.
15. Gutiérrez Arce WJ. Metales pesados en *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens* cultivados en agua residual *in vitro*. Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.
16. Choquepata DP. Determinación de metales pesados en leche y pelo de vacas de la cuenca del Rio Ilallimayo Melgar - Puno. Universidad Nacional del Altiplano, 2018.
17. Zhou X, Zheng N, Su C, Wang J, Soyeurt H. Relationships between Pb, As, Cr, and Cd in individual cows' milk and milk composition and heavy metal contents in water, silage, and soil. *Environ Pollut* 2019;255:113322. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113322>.
18. Shailaja M, Reddy YS, Kalakumar BDP, Brinda SA, Manohar G, Kumar BD. Lead and trace element levels in milk and blood of buffaloes (*Bubalus bubalis*) from Hyderabad, India. *Bull Environ Contam Toxicol* 2014;92:698-702. <https://doi.org/10.1007/s00128-014-1258-x>.
19. Batool F, Iqbal S, Tariq MI, Akbar J, Noreen S, Danish M, et al. MILK: Carrier of heavy metals from crops through ruminant body to human beings. *J Chem Soc Pakistan* 2016;38:39-42.
20. Ibrahim A, Awad S, Elsenduony M. Assessment of some chemical residues in Egyptian raw milk and traditional cheese. *Open Vet J* 2024;14:640. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i2.4>.
21. Penaud S, Fernandez A, Boudebbouze S, Ehrlich SD, Maguin E, van de Guchte M. Induction of Heavy-Metal-Transporting CPX-Type ATPases during Acid Adaptation in *Lactobacillus bulgaricus*. *Appl Environ Microbiol* 2006;72:7445-54. <https://doi.org/10.1128/AEM.01109-06>.