

**PERFIL DE LOS AGRICULTORES Y  
CARACTERIZACIÓN DE OLIGOELEMENTOS  
TÓXICOS -ESENCIALES EN LECHE CRUDA  
DE VACAS CRIADAS EN LIBERTAD<sup>244</sup>**

**PROFILE OF FARMERS AND  
CHARACTERIZATION OF TOXIC-ESSENTIAL  
TRACE ELEMENTS IN RAW MILK FROM  
FREE-ROGED COWS**

Rosa Huaraca Aparco<sup>245</sup>

Fidelia Tapia Tadeo<sup>246</sup>

Raquel Alvarez Siguayro<sup>247</sup>

Filomón Palomino Román<sup>248</sup>

Herson Danny Arone Palomino<sup>249</sup>

Rosa Nélide Ascue Ruiz<sup>250</sup>

Margoth Moreno Huaman<sup>251</sup>

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES<sup>252</sup>

<sup>244</sup> Derivado del proyecto de investigación: Perfil de los agricultores y caracterización de oligoelementos tóxicos-esenciales en leche cruda de vacas criadas en libertad.

<sup>245</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú, rhuaraca@unajma.edu.pe

<sup>246</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú, ftapia@unajma.edu.pe

<sup>247</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú, cotaraquelalva@gmail.com

<sup>248</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú, filoparoman@gmail.com

<sup>249</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú, hersondanny@gmail.com

<sup>250</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú, lic.adm.rosanar@gmail.com

<sup>251</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú, mmoreno@unajma.edu.pe

<sup>252</sup> Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.



# PERFIL DE LOS AGRICULTORES Y CARACTERIZACIÓN DE OLIGOELEMENTOS TÓXICOS -ESENCIALES EN LECHE CRUDA DE VACAS CRIADAS EN LIBERTAD<sup>253</sup>

Rosa Huaraca Aparco<sup>254</sup>, Fidelia Tapia Tadeo<sup>255</sup>, Raquel Alvarez Siguayro<sup>256</sup>, Filomón  
Palomino Román<sup>257</sup>, Herson Danny Arone Palomino<sup>258</sup>, Rosa Nélide Ascue Ruiz<sup>259</sup>,  
Margoth Moreno Huaman<sup>260</sup>

## RESUMEN

La leche es uno de los principales componentes de la dieta humana, principalmente por su contenido en minerales y proteínas. El objetivo del presente estudio fue analizar la presencia de oligoelementos tóxicos y esenciales en leche fresca. El estudio se llevó a cabo en el distrito de San Jeronimo, Apurimac, Perú.; Participaron 5 sectores y un centro de acopio de leche. En las muestras de leche se determinaron las concentraciones de elementos esenciales y tóxicos mediante espectrofotometría de Absorción Atómica de flama y horno de grafito (Plomo). Los resultados revelaron que todos los sectores tenían acceso a agua y electricidad, utilizaban leche fresca y empleaban a miembros de la familia. El precio de la leche fue bastante inestable durante todo el año. Las muestras de leche analizadas fueron elementos tóxicos-esenciales. En su mayoría de las muestras analizadas, el contenido de Pb superó el nivel máximo establecido por el codex alimentarius y Unión Europea (0,02 mg/L). Por el contrario, en todas las muestras, el contenido de Cd estuvo por debajo del nivel máximo permitido (0,02 mg/L). Los oligoelementos esenciales Cu, Fe y Zn generalmente estuvieron

<sup>253</sup> Derivado del proyecto de investigación: Perfil de los agricultores y caracterización de oligoelementos tóxicos-esenciales en leche cruda de vacas criadas en libertad.

<sup>254</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú, rhuaraca@unajma.edu.pe

<sup>255</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú. ftapia@unajma.edu.pe

<sup>256</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú. ftapia@unajma.edu.pe

<sup>257</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú. filoparoman@gmail.com

<sup>258</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú hersondanny@gmail.com

<sup>259</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú, lic.adm.rosanar@gmail.com

<sup>260</sup> Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Andahuaylas, Perú, mmoreno@unajma.edu.pe



presentes en concentraciones más bajas que las reportadas en otros estudios y pueden considerarse dentro del rango deficiente para la leche de vaca. En conclusión, la información es válida para formular políticas para prevenir efectos adversos a la salud y desarrollar normas y programas de sensibilización, seguimiento y control metales pesados en la leche en el Perú.

## **ABSTRACT**

Milk is one of the main components of the human diet, mainly because of its mineral and protein content. The objective of this study was to analyze the presence of toxic and essential trace elements in fresh milk. The study was conducted in the district of San Jeronimo, Apurimac, Peru. 5 sectors and a milk collection center participated. In the milk samples, the concentrations of essential and toxic elements were determined by flame atomic absorption spectrophotometry and graphite furnace (Lead). The results revealed that all sectors had access to water and electricity, used fresh milk and employed family members. The price of milk was quite unstable throughout the year. The milk samples analyzed were toxic-essential elements. In most of the samples analyzed, the Pb content exceeded the maximum level established by the Codex alimentarius and the European Union (0.02 mg/L). In contrast, in all samples, the Cd content was below the maximum permitted level (0.02 mg/L). The essential trace elements Cu, Fe and Zn were generally present in lower concentrations than those reported in other studies and can be considered within the deficient range for cow's milk. In conclusion, the information is valid for formulating policies to prevent adverse health effects and developing standards and programs for awareness, monitoring and control of heavy metals in milk in Peru.

**PALABRAS CLAVE:** Oligoelementos, metales pesados, leche fresca, oligoelementos esenciales.

**Keywords:** Trace elements, heavy metals, fresh milk, essential trace elements.



## INTRODUCCIÓN

Los productos alimenticios de origen animal, como los productos lácteos, desempeñan un papel importante en la dieta humana y tienen especial importancia en la nutrición infantil debido a su contenido de proteínas, vitaminas y minerales (1, 2, 3). Recientemente, ha habido una tendencia creciente en el consumo de leche cruda debido a los beneficios percibidos para la salud en comparación con la leche tratada térmicamente, incluido un mayor valor nutricional y la posible presencia de bacterias probióticas (4). La leche es un elemento base en la cesta diaria, y tiene un papel importante especialmente en la dieta de los niños; Sin embargo, los datos sobre la aparición de elementos esenciales y tóxicos en la leche disponible en el mercado rumano son escasos (3, 5, 6, 7).

El enfoque “de la granja a la mesa” promovido por la Unión Europea impone control sobre puntos clave en la cadena de producción de alimentos, enfatizando la producción primaria. En el caso de los animales productores de alimentos, además del valor nutricional, el forraje debe estar libre de contaminantes que podrían transferirse a través de la cadena alimentaria hasta llegar a los humanos. La calidad del forraje está directamente influenciada por la calidad ambiental y factores agronómicos como las especies de plantas, la calidad del suelo, los procedimientos de fertilización, la cosecha, el procesamiento y el almacenamiento (8).

El uso prolongado y a menudo incontrolado de metales (además de su eliminación inadecuada y su persistencia prolongada en el medio ambiente) y de organismos ha llevado a la ubicuidad de los metales en varios compartimentos ambientales. Además, incluso en concentraciones bajas, estos contaminantes son tóxicos para la salud humana, por lo que la exposición a los metales ha atraído considerable atención. Como los humanos se encuentran en la cima de la cadena alimentaria, un alto contenido de contaminantes llega a sus organismos (9).

Tierra-forraje-leche-consumidor es una cadena alimentaria corta a través de la cual los metales pueden transferirse a los humanos, causando problemas de salud. En este caso específico, los suelos son la fuente principal de metales que pueden transferirse a las plantas que se convierten en forraje para los animales, y luego pasan a través del sistema digestivo de los animales y se acumulan en tejidos ricos en lípidos y se excretan parcialmente en la



leche. Además, los animales pueden ingerir grandes cantidades de tierra durante el pastoreo (10).

La evaluación de riesgos para la salud humana (HHRA) es una metodología diseñada para estimar la probabilidad de un efecto adverso (11). La exposición humana a contaminantes ambientales podría ocurrir a través de la dieta, siendo las concentraciones más altas de contaminantes en los productos alimenticios de origen animal (carne, leche y productos lácteos). Se supone que la exposición prolongada a metales y su completa absorción a través del tracto digestivo es el peor escenario para la predicción de concentraciones de metales residuales en productos alimenticios de origen animal. Sin embargo, se deben considerar las diferencias en la fisiología animal y las tasas de crecimiento (12). Se utilizan diferentes métodos para determinar la cantidad ingerida de contaminantes alimentarios. De estos, el modelo determinista más simple utilizado para estimar la exposición crónica combina datos de consumo de alimentos a nivel individual con datos de contaminación media. En este sentido, se analizan las concentraciones de contaminantes en los alimentos consumidos por la población en zonas crónicamente expuestas a contaminantes. Para estimar la ingesta de metales a través de los alimentos, estos resultados están asociados con los datos del consumo de alimentos (13).

El propósito del estudio fue analizar la presencia de oligoelementos tóxicos y esenciales en leche fresca de la provincia de Andahuaylas ubicada en una región andina del Perú.

## MÉTODOS Y MATERIALES

### Descripción del Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en los centros poblados del distrito de San Jerónimo de la provincia de Andahuaylas, de la región Apurímac del Perú. La asociación está conformada por hatos de ganado lechero constituida por una Asociación productores de ganado leche del sector.



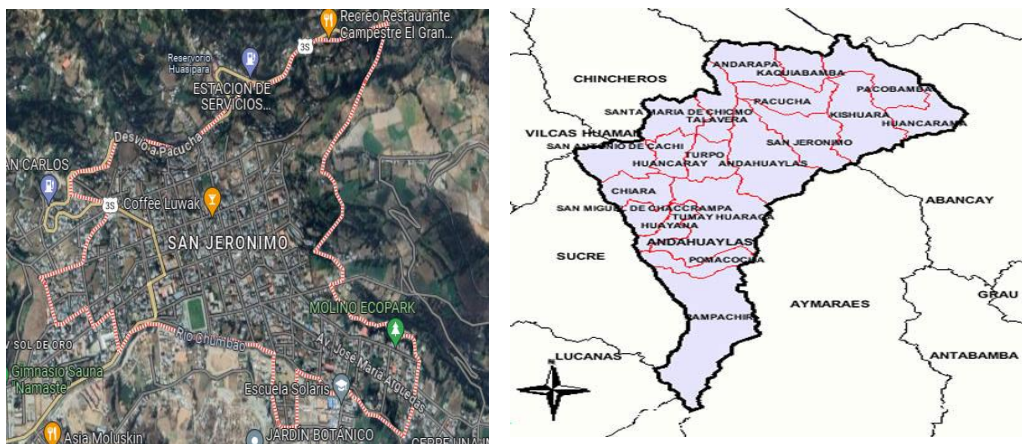


Figura 1. Lugar de muestreo

## Encuesta

La encuesta se realizó entre 42 socios y 1 centro de acopio de leche. Los productores de leche fueron identificados con la colaboración de una asociación de productores de leche Aprolenvisa. El criterio principal para la inclusión de los agricultores en la encuesta fue su voluntad de participar en la encuesta. Inicialmente, los cuestionarios fueron evaluados por los investigadores o personal académico familiarizado con este tipo de investigación, por lo que se tuvieron en cuenta sus sugerencias y comentarios. El cuestionario fue respondido por 42 productores de ganado lechero. Por lo tanto, Se utilizaron los datos de 42 agricultores para analizar sus perfiles.

## Recolección y análisis de leche

Se recolectaron y rastrearon muestras de leche a nivel de los establos en la época de invierno y la primavera de 2023. Se recolectaron muestras de leche de un subconjunto de participantes de la encuesta. Se recogieron un total de 42 muestras de leche, con 250 ml aproximadamente de leche fresca. Se podía rastrear el origen de cada muestra de leche de vaca. Durante el transporte al laboratorio, las muestras se mantuvieron a una temperatura de 2 a 4 °C. Para el análisis de Pb Cd, las muestras se conservaron con azida sódica (0,02%; Merck, Darmstadt, Alemania). Las muestras de leche fueron analizadas para determinar presencia oligoelementos tóxicos y esenciales. En detalle, se analizó la leche en busca de niveles de Pb, Cd, Fe, Cu, Zn. El pH de la leche se midió directamente con un medidor de pH.



## Análisis estadístico

El análisis estadístico de los cuestionarios de la encuesta se realizó utilizando el software Statgraphics Plus para Windows v.5.2. Las variables categóricas se presentaron como frecuencias absolutas (n ) y relativas (%) y las asociaciones entre ellas se probaron con la prueba de chi-cuadrado. Las variables continuas se presentaron como valores medios  $\pm$  errores estándar (media  $\pm$  SE). Las asociaciones entre variables continuas y características cualitativas derivadas del cuestionario se probaron mediante análisis de varianza unidireccional o prueba t de Student para muestras independientes. Todos los parámetros de la leche examinados se sometieron a un análisis de varianza unidireccional, t de Student.-prueba y/o análisis del Modelo Lineal General (GLM), Los resultados se consideraron estadísticamente significativos cuando  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las muestras de leche analizadas recolectadas a nivel de los establos.

<b>Pámetro</b>	<b>Respuestas</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frecuencia relativa</b>
Género	Masculino	14	27%
	Femenino	37	73%
Edad	<25	5	9,80%
	25-30	10	23,53%
	31-40	7	13,73%
	41-50	12	23,53%
	51-60	15	29,41%
Educación	Escuela primaria	18	35,29%
	Escuela secundaria	23	45,10%
	Escuela Técnica	6	11,76%
	Universidad	4	7,84%
Capacitación	Sí	25	49,02%
	No	26	50,98%



Recogida y recepción de leche.	In situ por un camión que transportaba los contenedores de leche	19	37,25%
	In situ mediante un camión cisterna bombeando desde los depósitos de leche	26	50,98%
	Los agricultores entregan ellos mismos al centro de recolección cercano	6	11,76%
Participación en grupos/asociaciones organizadas	Sí	14	27,45%
	No	37	72,55%

En la tabla 1, se muestran las características descriptivas de los socios. Todos los socios tenían acceso a agua y electricidad. La leche en todas las granjas (100%) se almacenó en tanques de leche refrigerados, que generalmente son proporcionados por la acopiadora. La mayoría de los agricultores eran mujeres (72,55%), casados y con hijos (78,42%), y mayores de 40 años. La mayoría de ellos (45,10%) tiene estudios secundarios, mientras que el 35,29% tiene estudios primarios y sólo el 7,84% tiene título universitario. Además, casi la mitad de los agricultores (49,02%) habían sido capacitados con seminarios (en temas como ganadería y tecnología láctea). En el presente estudio, la mayoría de los encuestados (72,55%) vivían exclusivamente de la agricultura, ya que la ganadería era su única fuente de ingresos sin realizar ninguna otra actividad profesional. Los miembros de la familia participaron en las actividades agrícolas, más notablemente el 31,37% de los campos ocuparon a un miembro de su familia en las actividades agrícolas.



## Oligoelementos tóxicos y esenciales en la leche fresca

Las concentraciones de oligoelementos tóxicos y esenciales determinadas en las muestras de leche se muestran en la tabla 2. Las concentraciones de estos elementos determinadas en otros estudios alrededor del mundo se muestran en la tabla 2 con fines comparativos.

**Tabla 2.** Oligoelementos esenciales y tóxicos registrados en muestras recolectadas en el área de estudio.

	<b>Media ± Ds</b>	<b>Mediana</b>	<b>GM</b>	<b>Rango</b>
<b>Cd</b>	0,0265 ± 0,000	0.006	0.006	0,002–0,016
<b>Pb</b>	0,4458 ± 0,002	0.040	0.040	0,013–0,098
<b>Cu</b>	0,357 ± 0,001	0,017	0,017	0,005–0,072
<b>fe</b>	0,075 ± 0,004	0.041	0.040	0,002–0,283
<b>zinc</b>	0,621 ± 0,022	0.590	0.559	0,033–1,910

Las concentraciones medias de Cd y Pb determinadas en la investigación fueron 0,026 y 0,445 mg/L, respectivamente. Las concentraciones medias de Cd fueron bajas y similares a las reportadas en otros estudios en áreas no contaminadas (generalmente por debajo de 0,010 mg/L) y mucho más bajas que las reportadas en estudios previos en Brasil (14, 20) y en áreas contaminadas de países en desarrollo de Asia, África y América del Sur. Sin embargo, las concentraciones de Pb son más altas que las reportadas en otros estudios recientes realizados en áreas relativamente no contaminadas de Europa o América del Norte, pero más bajas que las reportadas en estudios previos en Brasil (14, 15). Las concentraciones de Pb determinadas en el presente estudio son similares a las determinadas en algunas regiones contaminadas de Irán (16) y Perú (17), pero mucho más bajas que las reportadas en otras áreas contaminadas de Asia o África.

Considerando la legislación aplicable, el contenido de Pb del 29,6% en las muestras (42/142) estuvo por encima del límite permitido por la ley brasileña (Decreto n. 55871/65), que es de 0,05 mg/L [12], y el 97 % de las muestras (138/142) excedieron el límite establecido en la Unión Europea (18) y la Comisión del Codex Alimentarius y la OMS, es decir, 0,020



mg/L. Por el contrario, el contenido de Cd de todas las muestras fue inferior a 0,02 mg/L, el límite establecido por la ley brasileña (19).

Estudios anteriores realizados en Brasilia ( 20 ), Paraná ( 14 ) y Sao Luis (15 ) también informaron concentraciones de Pb superiores al límite máximo. Los contenidos de Pb y Cd de la leche dependen de la proximidad de áreas contaminadas, carreteras congestionadas, el nivel de y también están influenciados por los límites de control y legislación Las concentraciones determinadas en Europa occidental y central, Estados Unidos y Canadá están por debajo de los niveles considerados de riesgo, a diferencia de Brasil, México, Perú, algunas partes de Asia o África y áreas contaminadas de Europa del este ( 21). Estudios recientes han informado concentraciones de Pb y Cd en la leche superiores a 60 y 12 mg/kg, respectivamente, en algunas partes de la India (22).

Considerando los oligoelementos, las concentraciones medias de Cu (0,035 mg/L), Fe (0,075 mg/L) y Zn (0,621 mg/L) fueron generalmente inferiores a las reportadas en otros estudios y , en el caso de Cu y Fe, puede considerarse dentro del rango deficiente para la leche de vaca según Puls (23 ) (los rangos deficientes son Cu: 0,010–0,020; Fe: <0,2; y Zn: <0,5 mg/L; los rangos adecuados son Cu: 0,05-0,6; Fe: 0,2-0,63; y Zn: 2,3-4 mg/L). Estos resultados indican que la leche producida en esta región no es una buena fuente de oligoelementos para la población local. Los niveles medios de Cu y Fe en muestras de leche cruda de vaca en todo el mundo oscilaron entre 0,0136 y 36 mg/L y entre 0,33 y 16,4 mg/L, respectivamente (20). La existencia de elementos tóxicos como Pb y Cd suelen asociarse a los cambios a nivel de lo oligoelementos en las muestras de leche de vaca y esto puede afectar de manera negativo en cuanto a la composición nutricional, por ejemplo, puede influir en la reducción del Fe (24). En estudios se encontró una carencia de oligoelemento en diferentes zonas de la región de Brasil (25), con mayor frecuencia en zonas que muestran climas semiáridos. Según reportes en estaciones seca los campos suelen tener un sobrepastoreo que puede provocar deficiencias en cuanto a los minerales (26).



## CONCLUSIONES

Los resultados encontrados en el estudio indican que la leche fresca de vaca de los sectores productores de leche del distrito de San Jerónimo presenta niveles altos de Pb, sin embargo en los oligoelementos fueron bajos en cuanto al Cu, Fe y Zn. Un alto porcentaje de muestras superó el límite máximo de Pb establecido en la legislación peruana vigente. Por otro lado, ni el impacto de la presencia de efluentes en las proximidades del establo ni el método de ordeño tuvieron un efecto importante en el perfil metálico del producto.



## REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

Adipah, S. Introducción de la salud humana asociada a la evaluación de riesgos. *J. Medio Ambiente. Ciencia. Salud A* **2018**, 2 , 179–187.

Bomjardim, HA; Oliveira, CMC; Silveira, JAS; Silva, NS; Duarte, MD; Faial, KCF; Brito, MF; Barbosa, JD Deficiências Minerais Em Vacas Em Lactação Da Bacia Leiteira Do Município de Rondon Do Pará, Estado Do Pará. *Pesqui. Veterinária Bras.* **2015**, 35, 409–416.

Boudebouz, A.; Boudalia, S.; Bousbia, A.; Habila, S.; Boussadia, MI; Gueroui, Y. Niveles de metales pesados en la leche cruda de vaca y evaluación de riesgos para la salud en todo el mundo: una revisión sistemática. *Ciencia. Medio ambiente total.* **2021**, 751, 141830.

Cadar, O.; Miclean, M.; Cadar, S.; Tanaselia, C.; Senila, L.; Senila, M. Evaluación de metales pesados en la leche de vaca en la zona de las montañas Rodnei, Rumania. *Reinar. Ing. Gestionar. J.* **2015**, 14, 2523–2528.

Chirinos-Peinado, DM; Castro-Bedriñana, JI Niveles sanguíneos de plomo y cadmio y transferencia a la leche en bovinos criados en una zona minera. *Heliyon* **2020**, 6, e03579.

De Castro, CS; Arruda, AF; Da Cunha, LR; SouzaDe, JR; Braga, JW; Dórea, JG Metales Tóxicos (Pb y Cd) y sus respectivos antagonistas (Ca y Zn) en fórmulas y leches infantiles comercializadas en Brasilia, Brasil. *En t. J. Medio Ambiente. Res. Salud pública* **2010**, 7, 4062–4077.

Decreto ANVISA Número 55.871/65. 2016; págs. 1–23. Disponible en línea: <http://anvisa.gov.br> (consultado el 7 de junio de 2023).

Gómez, ACS; Lindino, California; Gonçalves Junior, AC; Gomes, GD Determinação de Cd, Cr e Pb No Leite e Na Alimentação Bovina Do Brasil. *Rev. Inst. Adolfo Lutz* **2013**, 72, 211–218

Lucey, JA Consumo de leche cruda: riesgos y beneficios. *Nutrición. Hoy* **2015**, 50, 189–193.

MacLachlan, DJ Estimación de la transferencia de contaminantes en los alimentos para animales a los tejidos, la leche y los huevos del ganado: una revisión. *Animación. Pinchar. Ciencia.* **2011**, 51, 1067–1078.

Magdas, DA; Dehelean, A.; Feher, I.; Cristea, G.; Puscas, R.; Dan, SD; Cordea, DV Marcadores de discriminación por el origen geográfico y de especies de la leche cruda en Rumania. *En t. Lácteos J.* **2016**, 61, 135-141.

Mantovani, A.; Frazzoli, C. Evaluación de riesgos de contaminantes tóxicos en piensos. *CAB Rev. Persp. Agrícola. Veterinario. Ciencia. Nutrición. Nat. Res.* **2010**, 5 , 1–14.





