



Concentraciones de arsénico en leche de vacas expuestas a aguas con altos niveles de arsénico en centros poblados de la costa norte de Perú

Arsenic concentrations in milk from cows exposed to waters with high levels of arsenic in localities on the north coast of Peru

James Jenner Guerrero Braco¹; Ysabel Nevado Rojas¹; Luis Antonio Pozo Suclupe¹; Rossicelo Mendoza Núñez²; William Sánchez Chávez^{2, *}

¹ Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Calle Juan XXIII N° 391, Lambayeque, Perú.

² Corporación RIPERD S.A.C, Calle Precursores 114 B, Chiclayo, Perú.

ORCID de los autores

J. J. Guerrero Braco: <https://orcid.org/0000-0003-3028-9493>

Y. Nevado Rojas: <https://orcid.org/0000-0001-9995-0011>

L. A. Pozo Suclupe: <https://orcid.org/0000-0002-4185-8922>

R. Mendoza Núñez: <https://orcid.org/0000-0001-5691-538X>

W. Sánchez Chávez: <https://orcid.org/0000-0002-1441-375X>

RESUMEN

A partir del año 2018, en el agua subterránea de los centros poblados de la costa norte del Perú se determinaron concentraciones de arsénico por encima de los límites máximos permitidos por la normativa peruana vigente. Considerando que esta agua es utilizada para el consumo humano y del ganado vacuno, se planteó como objetivo de investigación determinar si la leche fresca producida presenta concentraciones de arsénico. Se analizaron 21 muestras procedentes de 8 centros poblados diferentes, determinando los parámetros fisicoquímicos por ultrasonido y la presencia de arsénico por espectrofotometría de emisión óptica (Método EPA 200.7). En 15 muestras se encontraron parámetros fisicoquímicos acorde con la Norma Técnica Peruana NTP 202.001 y en 6 muestras se encontraron concentraciones de arsénico en un rango de 0,003 a 0,023 ppm, muestras procedentes de los centros poblados Cruz del Médano, Arbolsol, Lagunas, La Quemazón, Casa Blanca y Lagartera del distrito de Mórrope, departamento de Lambayeque.

Palabras clave: arsénico; leche; parámetros fisicoquímicos; agua; límites máximos.

ABSTRACT

As of 2018, in the groundwater of the populated centers of the north coast of Peru, arsenic concentrations were determined above the maximum limits allowed by current Peruvian regulations. Considering that this water is used for human and cattle consumption, the research objective was to determine if the fresh milk produced presents concentrations of arsenic. 21 samples from 8 different populated centers were analyzed, determining the physicochemical parameters by ultrasound and the presence of arsenic by optical emission spectrophotometry (EPA Method 200.7). In 15 samples, physicochemical parameters were found in accordance with the Peruvian Technical Standard NTP 202.001 and in 6 samples arsenic concentrations were found in a range of 0,003 to 0,023 ppm, samples from the towns of Cruz del Médano, Arbolsol, Lagunas, La Quemazón, Casa Blanca y Lagartera in the district of Mórrope, department of Lambayeque.

Keywords: arsenic; milk; physico-chemical parameters; water; maximum limits.

1. Introducción

La leche es un alimento importante porque provee una variedad de nutrientes claves en determinadas etapas de la vida (Collard & McCormick, 2021). Se reconoce que la proteína de la leche puede estimular el factor de crecimiento similar a la insulina-1 (IGF-1), esencial para el crecimiento óseo longitudinal y la adquisición de masa ósea en niños pequeños, reduciendo así el riesgo de retraso en el crecimiento (Givens, 2020). La leche también contiene diversos tipos de lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales que contribuyen de manera positiva en la función cardiometabólica (He, Guo, Lu, Wei, Wang, 2020).

La Norma Técnica Peruana (NTP) 202.001.2018 regula a la leche para su consumo en el país, estableciendo que provenga de un ordeño higiénico, sin calostro y exento de color, olor, sabor y consistencias anormales. La leche no debe contener sustancias conservadoras o extrañas a su naturaleza. Su composición tendrá que cumplir con la legislación nacional vigente o en su defecto con el Codex Alimentarius.

En leche, la presencia de sustancias extrañas y dañinas como el arsénico es un problema preocupante. Las consecuencias del consumo de este metal van desde la letalidad aguda hasta efectos crónicos en la salud. Puede afectar varios sistemas y órganos, incluyendo la piel y las vías respiratorias, sistema cardiovascular, inmunológico, genitourinario, reproductivo, digestivo, nervioso, sistema eritropoyético, endocrino, hepático y renal (Medina-Pizzali, Robles, Mendoza, & Torres, 2018; Mendoza et al., 2017; Uddh-Söderberg et al., 2015).

El problema de consumir arsénico en alimentos o en agua puede presentarse en distintos lugares del mundo. Por ejemplo, en los Estados Unidos se estima que se ingiere arsénico en alimentos en un rango de 1 a 20 µg/L/día, entre estos alimentos se encuentran el arroz, algunos jugos y pollo (Medina-Pizzali et al., 2018). En Canadá se ha encontrado altas concentraciones de este metal en pescados, carnes y pollo (Medina-Pizzali et al., 2018).

En América Latina, por lo menos 4,5 millones de personas ponen en riesgo su salud por consumir aguas con niveles de arsénico que superan los 1 000 µg/L. Se han reportado niveles de arsénico en agua de consumo humano por encima del actual límite máximo permisible recomendado (10 µg/L) por la Organización Mundial de la Salud

(OMS) (Medina-Pizzali et al., 2018). Perú no es ajeno a esta situación.

En Perú, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, El Salvador, Honduras, México y Nicaragua se han detectado niveles elevados de arsénico en agua, leche, granos y hortalizas, incluida la papa, cebolla, remolacha, calabaza, rábano, col y frijoles (Medina-Pizzali et al., 2018). La presencia de arsénico en la leche de vaca podría depender de varios factores, principalmente de la nutrición de las vacas y/o la contaminación por metales del ambiente de producción (Zhou et al., 2019; Zhou et al., 2016).

En el año 2018, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) detectó la presencia de arsénico (por encima del límite máximo permisible) en aguas subterráneas de centros poblados de Mórrope de la región Lambayeque, localidades productoras de leche de vaca. Se declaró en estado de emergencia las localidades de Arbolsol, Carrizal, Casa Blanca, Cruz del Médano, Lagartera, Fanupe, Barrio Nuevo, Lagunas, Quemazón, Santa Isabel, Tranca Fanupe y Tranca Sasape (Andina, 2018).

En el año 2019, el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, a través del Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN, 2019), indicó que en Mórrope las aguas subterráneas presentaban un promedio de 0,03 mg/L, incumpliendo la normatividad vigente que señala un límite máximo permisible de 0,01 mg/L. En un informe realizado en abril del año 2021, la Gerencia Regional de Salud de Lambayeque, a través de su oficina de Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA) en Lambayeque, mencionó que se determinó niveles de arsénico de 0,04 mg/L.

Considerando que el agua subterránea es la fuente de consumo de los pobladores de los centros poblados de Mórrope, las autoridades involucradas se motivaron a solicitar al gobierno central que se declare en emergencia el estado de salud de aproximadamente veinte mil (20.000,00) personas que serían las más afectadas. De 191 muestras de orina de los pobladores, se determinó que 160 contenían niveles de arsénico por encima de los niveles máximos permitidos (Radio Programas del Perú, 2018). Si bien estas personas no manifestaban intoxicaciones agudas, la situación es preocupante ya que el consumo de arsénico causa daños a la salud, entre ellos el cáncer (Rehman et al., 2016; Ling et al., 2010). En el año 2020, Radio Programas del Perú (2020) informó que en una zona aledaña a Mórrope se

registraron los primeros casos de niños con daños en la piel y el hígado por el consumo de agua con arsénico. En 2021, el Gobierno Regional de Lambayeque (GRL) reportó 243 casos (de 315 evaluados) de niños de 5 a 12 años con niveles altos de arsénico en su organismo. Según la GRL, el arsénico que se consume con los años se va almacenando en los tejidos y daña el funcionamiento de órganos importantes como el hígado, riñón, páncreas y el sistema nervioso central. En los centros poblados mencionados, el agua subterránea con altos niveles de arsénico es la única fuente que tiene la población para su consumo y también para alimentar a sus vacas productoras de leche. Cabe resaltar que esta leche producida es distribuida para el consumo de la población y también para el uso como materia prima de algunas industrias lácteas de la región. En este contexto, se desconoce a nivel científico si la leche fresca producida en los centros poblados mencionados contiene arsénico, de ser así ¿cuáles son las concentraciones presentes? Por este motivo, se planteó como objetivo de investigación determinar las concentraciones de arsénico en leche de vacas expuestas a aguas con altos niveles de arsénico en estas localidades.

2. Material y métodos

Para obtener la muestra se consideraron 8 centros poblados (Mórrope, Lambayeque, Perú) de la Costa norte del Perú, que tienen agua subterránea de consumo con concentraciones de arsénico por encima de los límites máximos permisibles y que a su vez poseen ganado vacuno lechero. En la [Tabla 1](#) se detalla los 9 puntos de muestreo ubicados en los centros poblados y también el número de muestras.

Tabla 1
Puntos de muestreo y número de muestras por cada localidad o centro poblado

Denominación	Centro poblado	Muestra
Punto 1	Carretera Arbolsol-Cruz de Médano	2, 3, 4
Punto 2	Arbolsol	1, 13
Punto 3	Cruz del Médano	9, 10
Punto 4	Lagunas	5, 6, 7, 8
Punto 5	Lagartera	17
Punto 6	La Quemazón	14, 15
Punto 7	Casa Blanca	11, 12, 16
Punto 8	Tranca Sasape	18, 19
Punto 9	Tranca Fanupe	20, 21

De cada punto de muestreo, se obtuvieron 2 muestras de leche (de 1 L cada una) en recipientes de plástico, las cuales fueron trasladadas refrigeradas al Laboratorio de Química Analítica y Fotometría de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque.

Determinación de parámetros fisicoquímicos y contenido de Arsénico

La determinación de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de leche se realizó por ultrasonido, con equipo tipo contador de células somáticas y analizador de leche por ultrasonido.

La determinación de la concentración de arsénico en las muestras de leche se realizó utilizando el método de ensayo de metales pesados por espectrofotometría de emisión óptica ICP OES (EPA 200.7).

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos, se utilizó una muestra de 100 mL a temperatura ambiente, la que fue medida por triplicado directamente en el equipo, obteniéndose valores de concentraciones de sólido, proteínas, entre otros.

Luego, para la determinación cuantitativa del arsénico, se procedió a obtener la materia seca de la leche; para esto, en el laboratorio se pesó aproximadamente 10 g de leche (Masa 1) en una balanza con límite de cuantificación de 0,0001 g. La leche (utilizando crisol de 50 mL) fue sometida a 100 °C en una estufa, por un periodo de 8 horas (el tiempo fue mayor de lo establecido, por el tamaño de los crisoles). Se dejó enfriar hasta alcanzar masa constante (masa 2). Se calculó la materia seca en la leche por la diferencia de masas medidas (masa 2 – masa 1) y se registró el resultado.

Después se procedió a obtener las cenizas de la leche, para esto, los crisoles con masa constante (masa 2) se sometieron a 450 °C por 16 horas en una mufla. Pasado este tiempo se dejó enfriar entre 2 – 4 horas, luego se añadió 2 mL de Ácido Nítrico (HNO₃) 2N para favorecer el blanqueado de las cenizas y se secó la muestra en una plancha a 90 - 95 °C por un tiempo de 2 h. Finalmente, se sometió nuevamente los crisoles a 450 °C por 1 h en la mufla.

Para la liberación de metales, en las cenizas contenidas en los crisoles se añadió 5 mL de HNO₃ 2 N y 20 mL de HNO₃ 0,1 N y se procedió a disolver. Luego se realizó una filtración a través de un filtro Watman N° 40 y se recuperó el filtrado en una fiola de 50 mL.

La concentración de arsénico se determinó a partir del filtrado recuperado, usando un espectrofotómetro Teledyne ICAP PRODIGY 7 y curvas de calibración y operación de software ICP OES. Tomando lecturas (en el espectrofotómetro) del filtrado recuperado, las muestras estándares, blancos y patrones, se determinó y reportó las concentraciones de arsénico en ppm.

3. Resultados y discusión

En la [Tabla 2](#) se detallan los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos realizados a 21 muestras de leche obtenidas en 8 centros poblados indicados en la [Tabla 1](#). Se determinó la temperatura °C, % sólidos grasos, % sólidos no grasos, densidad en kg/m³, % de proteína, % lactosa, % de sales, % agua añadida, punto de congelación en grados Celsius y pH.

Se encontró que la muestra 2 procedente de Carretera Arbolsol-Cruz del Médano contenía agua añadida, lo cual afectaba los parámetros de densidad, sólidos grasos y no grasos, proteínas, lactosa y sales; es decir, la calidad de la leche estaba afectada teniendo en cuenta a la Norma Técnica Peruana para leche ([NTP 202.001, 2018](#)). Lo mismo sucedió en la muestra 3 y 4 procedente del mismo punto de muestreo.

En las muestras 4, 5, 9 y 10 procedentes de la Carretera Arbolsol – Cruz de Médano, Lagunas y Cruz del Médano, el porcentaje de sólidos grasos es el único parámetro que está por debajo de lo que indica la NTP 202.001. Respecto a las muestras 1, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 cumplen con las condiciones de calidad para leche de vaca entera que establece la norma.

En la [Tabla 3](#) se muestran los resultados respecto a las concentraciones de arsénico determinadas en las 21 muestras de leche de 8 centros poblados de la Costa norte del Perú. Se observa que la muestra 9 procedente del caserío Cruz del Médano, presentó una concentración de arsénico igual a 0,02253 ppm y se encontraron trazas (valores menores a 0,008 ppm) en las muestras 2, 5, 15, 16, 17 procedentes de la carretera Arbolsol-Cruz de Médano, Lagunas, La Quemazón, Casa Blanca y Lagartera.

En 6 de 21 muestras de leche analizadas se encontraron concentraciones de arsénico.

Se encontró mayor concentración de arsénico en la leche producida en la zona que tiene agua subterránea con mayor nivel del metal, es decir, en el centro poblado Cruz del Médano. Resulta relevante indicar que no hay una normativa peruana que establezca un límite máximo permitido de arsénico en leche. Sin embargo, si se compara los resultados de esta investigación con la Norma Técnica de Ecuador - NTE 0009:2008, la muestra del centro poblado Cruz del Médano presenta un valor mayor al LMP (0,015 ppm) establecido por la norma.

Sucede lo contrario si los resultados de investigación se comparan con Norma Nacional de la República Popular de China, ya que indica un LMP de arsénico en leche mayor al valor que establece la norma ecuatoriana (0,1 ppm) o con la Norma Oficial Mexicana NOM-184-SSA1-2002, que indica que los LMP deben ser menores a 0,2 ppm, anímismo con los límites indicados por el MERCOSUR - RES. N° 12/11 (0,05 ppm en leche). Los resultados de esta investigación son similares a los encontrados por [Ayala & Romero \(2013\)](#).

Estos autores determinaron concentraciones de arsénico en 20 muestras recolectadas en un mercado municipal de una localidad denominada Arenillas perteneciente a Ecuador. Ninguna de las presentes muestras excedió el LMP que indica la NTE 0009:2008. Así mismo, concuerdan con los resultados de [Castro-González et al. \(2018\)](#), quienes encontraron concentraciones de arsénico en leche de bovino inferiores a los valores establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-184-SSA1-2002 (< 0,2 mg kg⁻¹).

[Ayala & Romero \(2013\)](#) señalan que, teniendo en cuenta estudios de toxicidad del arsénico, posiblemente los LMP que adoptan los países en sus normas técnicas resulten muy altos, ya que se basan en las guías del CODEX –FAO. Esta situación plantea una disminución de los LMP basándose en estudios epidemiológicos.

Una posible explicación respecto a la ausencia o bajas concentraciones de arsénico en las muestras de leche estudiadas en esta investigación sería que, ciertas concentraciones de este metal quedan en la carne de los vacunos. [González-Montaña \(2009\)](#) encontraron concentraciones de arsénico en un rango de 0,00292 a 0,0152 ppm en peso fresco de hígados, riñones y músculos de terneros y vacas.

Tabla 2

Resultados de los análisis fisicoquímicos a las 21 muestras de leche obtenidas en 8 localidades de la Costa norte de Perú

Variable	Arbolsol (1)	Carretera Arbolsol-Cruz de Médano (2)	Carretera Arbolsol-Cruz de Médano (2)	Carretera Arbolsol-Cruz de Médano(4)	Lagunas (5)	Lagunas (6)	Lagunas (7)
Temperatura °C	26,95 ±1,77	18,60 ±3,25	18,20 ±3,68	19,40 ±3,54	21,50 ±3,25	20,85 ±3,18	21,65 ±3,18
% Grasa	3,40 ±0,00	4,60 ±0,00	3,10 ±0,00	1,80 ±0,00	2,90 ±0,00	3,05 ±0,07	4,70 ±0,00
% Solidos no grasos	8,40 ±0,00	5,55 ±0,07	5,70 ±0,00	5,80 ±0,00	8,05 ±0,07	8,30 ±0,00	8,80 ±0,00
Densidad kg/m3	1028,85 ±0,07	1017,60 ±0,14	1019,05 ±0,07	1020,30 ±0,00	1027,95 ±0,07	1028,90 ±0,00	1029,45 ±0,07
% Proteína	3,00 ±0,00	2,00 ±0,00	2,05 ±0,07	2,10 ±0,00	2,90 ±0,00	3,00 ±0,00	3,20 ±0,00
% Lactosa	4,60 ±0,00	3,00 ±0,00	3,10 ±0,00	3,15 ±0,07	4,40 ±0,00	4,55 ±0,07	4,80 ±0,00
% Sales	0,60 ±0,00	0,40 ±0,00	0,40 ±0,00	0,40 ±0,00	0,60 ±0,00	0,60 ±0,00	0,70 ±0,00
% Agua añadida	0,00 ±0,00	28,85 ±0,35	28,30 ±0,28	27,95 ±0,21	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00
Punto de congelación °C	-0,53 ±0,00	-0,35 ±0,00	-0,35 ±0,00	-0,35 ±0,00	-0,51 ±0,00	-0,53 ±0,00	-0,57 ±0,00
PH	6,66 ±0,00	6,66 ±0,01	6,62 ±0,01	6,61 ±0,01	6,63 ±0,01	6,61 ±0,01	6,60 ±0,01

Variable	Lagunas (8)	Cruz de Médano (9)	Cruz de Médano (10)	Casa Blanca (11)	Casa Blanca (12)	Arbolsol (13)	La Quemazón (14)
Temperatura °C	20,70 ±2,83	22,10 ±3,25	21,90 ±2,83	23,45 ±3,04	24,15 ±2,90	19,70 ±2,83	20,35 ±3,32
% Grasa	4,25 ±0,07	2,85 ±0,07	2,90 ±0,00	3,50 ±0,00	3,80 ±0,00	3,40 ±0,00	3,15 ±0,07
% Solidos no grasos	8,20 ±0,00	7,95 ±0,07	8,10 ±0,00	8,80 ±0,00	8,70 ±0,00	8,40 ±0,00	8,40 ±0,00
Densidad kg/m3	1027,65 ±0,07	1027,70 ±0,14	1028,00 ±0,00	1030,25 ±0,07	1029,85 ±0,07	1028,90 ±0,00	1029,05 ±0,07
% Proteína	3,00 ±0,00	2,0 ±0,00	2,90 ±0,00	3,20 ±0,00	3,20 ±0,00	3,00 ±0,00	3,00 ±0,00
% Lactosa	4,50 ±0,00	4,35 ±0,07	4,40 ±0,00	4,80 ±0,00	4,80 ±0,00	4,60 ±0,00	4,60 ±0,00
% Sales	0,60 ±0,00	0,60 ±0,00	0,60 ±0,00	0,70 ±0,00	0,70 ±0,00	0,60 ±0,00	0,60 ±0,00
% Agua añadida	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00
Punto de congelación °C	-0,53 ±0,00	-0,50 ±0,00	-0,51 ±0,00	-0,56 ±0,00	-0,56 ±0,00	-0,54 ±0,00	-0,53 ±0,00
PH	6,51 ±0,01	6,67 ±0,02	6,66 ±0,01	6,54 ±0,01	6,56 ±0,01	6,70 ±0,00	6,54 ±0,02

Variable	La Quemazón (15)	Casa Blanca (16)	Lagarera (17)	Tranca Sasape (18)	Tranca Sasape (19)	Tranca Fenupe (20)	Tranca Fenupe (21)
Temperatura °C	19,20 ±2,83	21,70 ±3,25	21,55 ±2,83	22,60 ±3,04	22,20 ±2,90	22,60 ±2,83	26,05 ±3,32
% Grasa	3,20 ±0,07	3,20 ±0,07	3,10 ±0,00	3,05 ±0,00	3,10 ±0,00	3,65 ±0,00	3,60 ±0,07
% Solidos no grasos	8,40 ±0,00	8,30 ±0,07	8,30 ±0,00	8,45 ±0,00	8,50 ±0,00	8,75 ±0,00	8,70 ±0,00
Densidad kg/m3	1028,95 ±0,07	1028,75 ±0,14	1028,80 ±0,00	1029,35 ±0,07	1029,40 ±0,07	1030,25 ±0,00	1029,85 ±0,07
% Proteína	3,00 ±0,00	3,00 ±0,00	3,00 ±0,00	3,10 ±0,00	3,10 ±0,00	3,20 ±0,00	3,15 ±0,00
% Lactosa	4,60 ±0,00	4,50 ±0,07	4,50 ±0,00	4,60 ±0,00	4,60 ±0,00	4,80 ±0,00	4,75 ±0,00
% Sales	0,60 ±0,00	0,60 ±0,00	0,60 ±0,00	0,60 ±0,00	0,60 ±0,00	0,70 ±0,00	0,70 ±0,00
% Agua añadida	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00	0,00 ±0,00
Punto de congelación °C	-0,53 ±0,00	-0,53 ±0,00	-0,53 ±0,00	-0,54 ±0,00	-0,54 ±0,00	-0,56 ±0,00	-0,56 ±0,00
PH	6,55 ±0,01	6,53 ±0,02	6,51 ±0,01	6,48 ±0,01	6,47 ±0,01	6,45 ±0,00	6,39 ±0,02

Tabla 3

Resultado de análisis de arsénico en muestras de leche

Analito	LCM	BK	1	D-1	2	3	4	5	6	7	D-7/MA	8	9	10	11	12	13	D-13	BK
As1937	0,003	0	<LCM	<LCM	0,0043	<LCM	<LCM	0,00672	<LCM	<LCM	0,1277433	<LCM	0,02253	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM

Analito	LCM	BK	BFL 0,025	BFL 0,05	14	15	16	17	18	19	D-19	20	21
As1937	0,003	0	<LCM	0,20869	<LCM	0,00839	0,00690	0,00341	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM

Nota: LCM: Límite Cuantificable del equipo; BK: Blanco; D-1: duplicado; D-13: duplicado; D-19: duplicado; D-7/MA: muestra agregado 0,0222 pm de arsénico artificial unidades mg/kg.

4. Conclusiones

En 2 de 21 muestras de leche analizadas se encontró una afección de la calidad por agua añadida. Estas muestras procedían de un punto muestreado ubicado en la Carretera Arbolsol-Cruz del Médano. En 4 muestras de 3 puntos muestreados (Carretera Arbolsol-Cruz Médano, Lagunas y Cruz del Médano) se determinó un porcentaje de sólidos grasos por debajo de lo que indica la NTP 202.001. Las muestras restantes cumplieron con las condiciones de calidad para leche de vaca entera que indica la norma.

En 6 de 21 muestras de leche analizadas se encontró concentraciones de arsénico. Esto corresponde a 6 localidades de 8 estudiadas. En la muestra obtenida en el centro poblado Cruz del Médano se encontró un valor que supera los límites máximos permitidos que indica una norma externa de referencia (la NTE 0009:2008 que indica un LMP de 0,02253 ppm) y se encontraron trazas (valores menores a 0,008 ppm) en las muestras procedentes de Árbolsol, Cruz de Médano, Lagunas, La Quemazón, Casa Blanca y Lagartera.

Para futuras investigaciones se recomienda estudiar la posible presencia de arsénico en la carne y vísceras de los vacunos de los centros poblados abordados en este trabajo. Asimismo, realizar experimentos para eliminar o reducir las concentraciones de arsénico presentes en las aguas subterráneas, evaluando alternativas sostenibles y de bajo costo.

Referencias bibliográficas

Andina. (2018). Agua de pozos en Mórrope contiene arsénico 9 veces más de lo permitido. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-agua-pozos-morrope-contiene-arsenico-9-veces-mas-de-permitido-728855.aspx>

Ayala, J., & Romero, H. (2013). Presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador. *Revista de Ciencias de la Vida*, 17(1), 36-46.

Castro-González, N. P., Moreno-Rojas, R., Calderón-Sánchez, F., Moreno-Ortega, A., & Tamariz-Flores, J. V. (2018). Metales pesados en leche de vacas alimentadas con alfalfa producida en suelos

irrigados con aguas residuales en Puebla y Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(3), 466-467.

Ling, C. L., Yi, H., Hsu, L., Mei, Y., Maan, M., & Jen, C. (2010). Ingested arsenic, characteristics of well water consumption and risk of different histological types of lung cancer in northeastern Taiwan. *Environmental Research*, 110(5), 455-462.

COEN. (2019). Informe de emergencia N° 456 – 13/04/2019 / COEN - INDECI / Contaminación por arsénico y plomo en el agua subterránea del distrito de Mórrope, Lambayeque, Perú.

Collard, K. M., & McCormick, D. P. (2021). A Nutritional Comparison of Cow's Milk and Alternative Milk Products. *Academic Pediatrics*, 21, 1067-1069.

González-Montaña, J. R. (2009). Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 22(3), 305-310.

He, M., Guo, Z., Lu, Z., Wei, S., & Wang, Z. (2020). High milk consumption is associated with carotid atherosclerosis in middle and old-aged Chinese. *International Journal of Cardiology Hypertension*, 5, 1-6.

Medina-Pizzali, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). Ingesta de arsénico: El impacto en la alimentación y la salud humana. *Rev. Perú med. exp. Salud Pública*, 35(1), 93-102.

Mendoza, C. O., Sánchez, R.A., Barrón, J., Cuevas, H. B., Escalante, P., & Solano, R. (2017). Riesgos potenciales de salud por consumo de agua con arsénico en Colima, México. *Sal Púb de Méx*, 59, 34-40.

NTP 202.001 (2018). Leche y productos lácteos. Leche cruda. Requisitos. INACAL.

Givens, D.I. (2020). MILK Symposium review: The importance of milk and dairy foods in the diets of infants, adolescents, pregnant women, adults, and the elderly. *J. Dairy*, 103, 9681-9699.

Radio Programas del Perú – RPP (2018). Mórrope en emergencia tras confirmarse altos niveles de arsénico por consumo de agua. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/lambayeque/morrope-en-emergencia-tras-confirmarse-altos-niveles-de-arsenico-por-consumo-de-agua-noticia-1115990>

Radio Programas del Perú – RPP (2020). Detectan primeros casos de niños con afectación en la piel y el hígado por consumo de agua con arsénico en Pacora. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/actualidad/lambayeque-pacora-detectan-primeros-casos-de-ninos-con-afectacion-en-la-piel-y-el-higado-por-consumo-de-agua-con-arsenico-noticia-1310136>

Rehman, Z. U., Khan, S., Qin, K., Brusseau, M. L., Shah, M. T., & Din, I. (2016). Quantification of inorganic arsenic exposure and cancer risk via consumption of vegetables in southern selected districts of Pakistan. *Science of The Total Environment*, 550(15), 321-329.

Uddh-Söderberg, T. E., Gunnarsson, S. J., Hogmalm, K. J., Lindegård, M. M. B. G., & Augustsson, A. L. M. (2015). An assessment of health risks associated with arsenic exposure via consumption of homegrown vegetables near contaminated glassworks sites. *Science of The Total Environment*, 536(1), 189-197.

Zhou, X., Zhao, S., Wang, J., Li, S., & Zheng, N. (2016). Analysis of 22 Elements in Milk, Feed, and Water of Dairy Cow, Goat, and Buffalo from Different Regions of China. *Biol Trace Elem Res*, 176, 120-129.

Zhou, X., Zheng, N., Su, C., Wang, J., & Soyeyurt, H. (2019). Large scale study of the within and between spatial variability of lead, arsenic, and cadmium contamination of cow milk in China. *Science of the Total Environment*, 650, 3054-3061.

