



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA, MICROBIANA E HIGIÉNICA DE LA LECHE DE VACA PRODUCIDA POR REBAÑOS EN LOS ANDES PERUANOS

ASSESSMENT OF PHYSICOCHEMICAL, MICROBIAL, AND HYGIENIC QUALITY OF RAW COW MILK PRODUCED IN DAIRY HERDS FROM THE PERUVIAN ANDES

Fernando Arauco Villar^{*1} , Leonor Guzmán Estremadoyro¹ , Rafael Pantoja Esquivel^{1†} , Noemí Mayorga Sánchez¹ , Ide Unchupaico Payano¹  y Alex Rubén Huamán de la Cruz^{2,3} 

¹Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Zootecnia, Av. Mariscal. Castilla N. 39 El Tambo, Huancayo, Perú.

²Universidad Tecnológica del Perú.

³Universidad Peruana Unión, Unidad de Posgrado.

*Autor para correspondencia: faraucov@gmail.com

Manuscrito recibido el 18 de junio de 2021. Aceptado, tras revisión el 27 de febrero de 2024. Publicado el 1 de marzo de 2025.

Resumen

El estudio se llevó a cabo en el Valle del Mantaro, Región Junín, Perú, con el objetivo de evaluar propiedades fisicoquímicas, calidad microbiana e higiénica de 40 muestras de leche cruda recolectada de rebaños bovinos lecheros de cuatro provincias: Huancayo (n = 13), Concepción (n = 11), Jauja (n = 9) y Chupaca (n = 7). Las propiedades fisicoquímicas se cuantificaron mediante la evaluación del contenido de grasa, densidad, sólidos no grasos, proteína, adición de agua, punto de congelación, sales, sólidos totales, lactosa y pH utilizando el analizador de leche Lactoscan SP. La calidad microbiana se determinó a través de bacterias mesófilas viables (VMB), coliformes totales (TC), coliformes fecales (FC) y levaduras y mohos (YMC). Además, la presencia de antibióticos se midió mediante el kit de prueba SNAPduo * ST plus y el tiempo de reducción mediante la reducción de colorante azul de metileno (MBRT). Los resultados reportados en este estudio indican que las propiedades fisicoquímicas de la leche cruda de vaca fueron adecuadas en comparación con los niveles estándar. En calidad microbiana, solo Chupaca mostró valores superiores (6,28 log ufc/mL) a los recomendados (5,3 log ufc/mL). Asimismo, las bacterias totales por mL en Huancayo ($H, 19,12 \times 10^5$) y Concepción ($C, 1,18 \times 10^5$) fueron relativamente altas en comparación con el nivel aceptable (1×10^5 bacterias por mL de leche cruda). La presencia de antibiótico se encontró en el 37,5% (n = 15) del total de muestras (n = 40). El análisis MBRT informó 32,5%, 45,0% y 22,5%, como de calidad excelente, buena y aceptable, respectivamente. Así, se concluyó que las propiedades fisicoquímicas presentaron nivel adecuado mientras que la calidad microbiana en las zonas fue buena pero recomendable para enriquecer las prácticas higiénicas, la higiene personal en el manejo de la leche por presencia de microbios y concienciar al público en temas de seguridad.

Palabras clave: calidad de la leche, características fisicoquímicas, calidad bacteriológica, ganadería lechera andina.

Abstract

The study was performed in Mantaro Valley, Junín, Perú, with the aim to evaluate the physicochemical, microbial, and hygienical quality of 40 raw cows' milk collected from dairy herds from four provinces: Huancayo (n = 13), Concepción (n = 11), Jauja (n = 9), and Chupaca (n = 7). Physicochemical properties were quantified by evaluating the fat content, density, non-fat-solids, protein, water add, freezing point, salts, total solids, lactose, and pH using the milk analyzer Lactoscan SP. Microbial quality was determined through viable mesophilic bacteria (VMB), total coliforms (TC), fecal coliforms (FC), and yeast and mold (YMC). In addition, antibiotic presence was measured by SNAPduo*ST plus test kit and Reduction time by Methylene Blue Dye Reduction (MBRT). The results found in this work indicate that physicochemical features of raw cow milk were adequate compared to standard levels. In microbial quality, only Chupaca showed higher values (6.28 log cfu/mL) than recommended (5.3 log cfu/mL). Likewise, total bacterial/mL in Huancayo (H, 19.12×10^5) and Concepcion (C, 1.18×10^5) were relatively high concerning the acceptable level (1×10^5 bacteria/mL of raw milk). Antibiotic presence was found in 37.5% (n = 15) from the total of samples (n = 40). MBRT analysis reported 32.5%, 45.0%, and 22.5%, as of excellent, good, and acceptable quality, respectively. Thus, it was concluded that physicochemical properties presented an appropriate level whereas microbial quality in the areas was good but is recommendable for enriched hygienic practices, personal hygiene in milk handling due to microbial presence, and educating the public on safety issues.

Keywords: milk quality, physicochemical characteristics, bacteriological quality, Andean dairy farming.

Forma sugerida de citar: Arauco Villar, F., Guzmán Estremadoyro, L., Pantoja Esquivel, R., Mayorga Sánchez, N., Unchupaico Payano, I. y Huamán de la Cruz, A. (2025). Evaluación de la calidad fisicoquímica, microbiana e higiénica de la leche de vaca producida por rebaños en los Andes peruanos. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 41(1):127-139. <https://doi.org/10.17163/lgr.n41.2025.08>.

IDs Orcid:

Fernando Arauco Villar: <https://orcid.org/0000-0002-1768-8388>
Léonor Guzmán Estremadoyro: <https://orcid.org/0000-0002-1817-1356>
Rafael Pantoja Esquivel: <https://orcid.org/0000-0001-7080-1426>
Noemí Mayorga Sánchez: <https://orcid.org/0000-0001-6157-468X>
Ide Unchupaico Payano: <https://orcid.org/0000-0001-6922-9311>
Alex Huamán De La Cruz: <https://orcid.org/0000-0003-4583-9136>

1 Introducción

La leche de vaca tiene una composición bioquímica compleja y es el principal tipo de leche consumida a nivel mundial (Boudalia et al., 2016). Debido a sus características, que incluyen una importante fuente de nutrientes, proteínas, vitaminas, carbohidratos y grasas energéticas, es altamente recomendable tanto para la protección inmunológica como para la dieta humana (MINAGRI, 2005). La leche ofrece un entorno para el crecimiento microbiano y la proliferación de agentes zoonóticos, lo que acelera la degradación de su calidad y vida útil (Gemechu and Amene, 2016; Kra et al., 2013). Teóricamente, la leche recién obtenida de un animal sano es segura para el consumo humano (Thorning et al., 2016). Sin embargo, la leche puede contaminarse fácilmente durante o después de ser secretada por la ubre, debido a patógenos transmitidos por los alimentos o microorganismos de descomposición presentes en el alimento del animal, el suelo, el aire, el agua, las heces de los animales, los equipos o el contacto humano (Elrahman et al., 2009; Owusu-Kwarteng et al., 2020).

Además, la prevalencia de microorganismos de descomposición y agentes patógenos en la leche y los productos lácteos puede estar influenciada por un gran número de factores y sus posibles combinaciones. Entre estos factores se incluyen el nivel de higiene, el estado de salud de la vaca, el rebaño y el entorno, las condiciones de ordeño y almacenamiento previo, las prácticas de manejo en la granja, las tecnologías empleadas, los riesgos microbianos, los alimentos suministrados al ganado, las prácticas de cría, la estación del año y la ubicación geográfica (Alhussien and Dang, 2018; Hnini et al., 2018; Owusu-Kwarteng et al., 2020). Los riesgos para la inocuidad alimentaria asociados al consumo de productos lácteos y leche de vaca varían entre los países en desarrollo (pequeños productores lecheros) y los países desarrollados (industriales con tecnologías de pasteurización). Por tanto, una alta presencia bacteriana indica una higiene deficiente en la producción o una pasteurización ineficaz de la leche (Owusu-Kwarteng et al., 2020).

En Perú se producen aproximadamente 2.8 millones de toneladas métricas (MMT) de leche líquida por año, y el consumo per cápita de leche es de 84 litros (USDA, 2019). Las regiones de Cajamarca

(18%), Arequipa (18%) y Lima (13%) concentran la mayor producción lechera, con algunas granjas modernas y tecnologías avanzadas (Bernet et al., 2001). Sin embargo, la mayor parte de la producción de leche proviene de pequeños rebaños (USDA, 2019). En el Valle del Mantaro se producen aproximadamente 80,000 litros de leche por día, de los cuales el 7% se destina a la producción de queso, mantequilla, yogurt y otros derivados (Correo, 2019).

Por tanto, la producción de leche en el Valle del Mantaro es fundamental para el sustento de la población. Sin embargo, no existen datos publicados sobre la composición y calidad higiénica de la leche cruda de vaca producida por pequeños productores. Por ello, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la calidad de la leche a través de sus propiedades fisicoquímicas y su análisis microbiológico. Previamente, se realizó una encuesta a los propietarios y administradores de los rebaños lecheros, así como a los recolectores de leche, para identificar los posibles factores de riesgo que puedan estar influyendo en la calidad de la leche

2 Material y Métodos

2.1 Zona de estudio y población

El estudio se llevó a cabo en el Valle del Mantaro (VM), ubicado en la región Junín, Perú, a 3,200 msnm, y constituido por las provincias de Jauja (J), Concepción (C), Huancayo (H) y Chupaca (CH). El VM es un valle interandino de origen fluvial con una actividad agrícola diversificada, que incluye la producción de varios cultivos como maíz, papas y hortalizas. La actividad lechera en la zona no está muy desarrollada y se caracteriza por pequeños hatos de menos de tres vacas; hatos medianos, de entre cuatro y diez vacas; y los más grandes, que cuentan con más de diez y hasta cien vacas.

2.2 Protocolo de muestreo

El estudio se llevó a cabo entre octubre de 2019 y febrero de 2020. Se recolectaron 40 muestras de leche provenientes de rebaños lecheros y centros de acopio (planta de procesamiento y mercados de alimentos) en cuatro provincias: Huancayo (n =13), Concepción (n =11), Jauja (n =9) y Chupaca (n =7), ubicadas en el Valle del Mantaro, región Junín, Perú. La selección de los criterios se realizó mediante

muestreo discrecional, considerando únicamente rebaños con una población mayor a 5 vacas.

Las muestras de leche fueron recolectadas de manera aséptica utilizando un balde estéril, directamente de los tarros lecheros seleccionados aleatoriamente de acuerdo con el volumen de producción del rebaño lechero. Las muestras se almacenaron en frascos de vidrio estériles con una capacidad de 500 mL y fueron transportadas al laboratorio dentro de una caja de poliestireno con refrigerante (3 °C– 9 °C) (Brousett-Minaya et al., 2015) para los análisis correspondientes. Todo el equipo utilizado para la recolección de las muestras de leche fue esterilizado y mantenido limpio para evitar contaminación o influencias en las propiedades o composición de la leche (Brousett-Minaya et al., 2015).

2.3 Análisis fisicoquímico de muestras de leche cruda de vaca

Los componentes de la leche (proteína, grasa, sólidos y sólidos no grasos (SNF), y lactosa) y las características físicas (porcentaje de agua, punto de congelación, sales y densidad) fueron cuantificados mediante un analizador de leche Lactoscan SP (Apple Industries Services-La Roche Sur Foron, Francia). Se tomaron 25 mL de cada muestra de leche en el portamuestras, colocando el analizador en posición de reposo y comenzando la medición. Tras un tiempo de medición de 45 segundos, el indicador digital (pantalla IED) mostró los resultados obtenidos; el procedimiento se realizó por duplicado (Juárez-Barrientos et al., 2016).

Los residuos de antibióticos (beta-lactámicos, tetraciclinas y cefalexina) se midieron utilizando el kit de prueba SNAPduo*ST plus, siguiendo la metodología descrita por Cardoso et al. (2019). La acidez de las muestras se determinó mediante el método AOAC (AOAC International, 2000). El pH se cuantificó utilizando un pH-metro Orion, calibrado previamente (7,02 a 4,00), sumergiendo el electrodo en un pequeño volumen de leche extraída de un vaso de precipitados.

2.4 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico de las muestras de leche de vaca incluyó la cuantificación de unidades formadoras de colonias por mL (UFC) de bacterias

mesófilas viables (BMV - método de referencia ISO 4833-1:2013), coliformes fecales (CF) y totales (CT), así como levaduras y hongos mediante el promedio adecuado (ISO, 2013). La determinación de la calidad higiénica incluyó el recuento de microorganismos mesófilos aerobios viables, expresados en unidades formadoras de colonias por mL. Para ello, se preparó y homogeneizó la muestra con diluciones decimales sucesivas, utilizando agar para conteo en placa (APC) y se incubó durante 24-48 horas a 37 °C.

Para la determinación de coliformes totales y coliformes fecales, indicadores de contaminación fecal del producto, el método consistió en cultivar muestras de leche según el protocolo establecido para determinar la presencia de coliformes totales y el número más probable (NMP). Este procedimiento implicó realizar diluciones decimales seriadas hasta alcanzar una dilución de 10^{-8} . Se añadió 1 mL de cada dilución a tubos que contenían 10 mL de caldo simple de lactosa con un tubo de Durham invertido para determinar la presencia de gas. Los tubos se incubaron durante 24 horas a 37 °C, y después de este período se revisaron los tubos que mostraban formación de gas, es decir, aquellos en los que se observaron burbujas en los tubos de Durham. Los tubos negativos a la presencia de gas se incubaron por 24 horas adicionales. Tras este tiempo, se registraron los resultados y se seleccionó la dilución más alta en la que se observó gas en los tres tubos con caldo simple de lactosa. Posteriormente, se tomó una siembra de los tubos con gas y se inoculó en una placa de agar MacConkey para determinar si el gas era producido por la presencia de bacterias coliformes fecales. La placa se incubó durante 24 horas a 37 °C y se verificó la presencia de colonias de bacterias coliformes fecales, caracterizadas por su color rosado.

Para la determinación de hongos y levaduras, se utilizó agar Sabouraud, con incubación a 25 °C durante 24 a 72 horas, realizando un examen diario del cultivo. Todo el equipo utilizado para los análisis fue previamente esterilizado y manejado según las indicaciones del fabricante.

2.5 Calidad higiénica de la leche cruda

La calidad higiénica de la leche se refiere a la cantidad y tipo de bacterias presentes como consecuen-

cia de su manipulación durante el proceso de ordeño, almacenamiento y transporte (12-24 horas). Para este propósito se utilizó el ensayo de reductasa en leche (Tiempo de Reducción de Azul de Metileno - MBRT) según la norma técnica peruana NTP 202.014:2004 (MINAGRI, 2018), realizando la primera lectura a la media hora de incubación (37 °C) y lecturas posteriores en intervalos de una hora.

El ensayo de reducción de azul de metileno se basa en el color que se transmite a la muestra de leche al añadir un colorante (solución de azul de metileno al 1% en metanol), el cual desaparece más o menos rápidamente (Yadav et al., 2018). La decoloración ocurre debido a la eliminación de oxígeno y a las sustancias reducidas por el metabolismo bacteriano. Las muestras fueron evaluadas según los siguientes criterios: Excelente (decoloración > 4 horas), Buena (decoloración entre 3 a 4 horas), Aceptable (decoloración de 0,5 a <3 horas) e Inaceptable (decoloración < 0,5 horas).

El tiempo de reducción para cada muestra de leche de vaca fue registrado en un formato de Excel y procesado estadísticamente.

2.6 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron procesados utilizando el software libre CRAN R, versión 3.3.6 (R Team Core, 2019). Las diferencias en las características fisicoquímicas y microbiológicas entre cada provincia se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA). Posteriormente, se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95%.

3 Resultados y Discusión

3.1 Características fisicoquímicas de la leche cruda de vaca

Los resultados de las características fisicoquímicas de la leche cruda de vaca obtenida en Huancayo, Jauja, Concepción y Chupaca se presentan en la Tabla 1. El contenido de grasa (%) osciló entre 3,29 y 3,77, con un promedio para las cuatro provincias de $3,58 \pm 0,50$. Resultados similares fueron reportados por Montes de Oca-Flores et al. (2019), Kra et al. (2013) y Asefa and Teshome (2019), con $3,46\%$, $3,26 \pm 1,18\%$ y $3,89 \pm 0,58\%$, respectivamente. En

contraste, un mayor contenido promedio de grasa de $6,02 \pm 0,76\%$ fue informado por Gemechu and Amene (2016) en Etiopía.

Se observó una diferencia significativa ($p < 0,05$) en el contenido de grasa (%) entre las cuatro provincias; sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre Jauja y Chupaca. El contenido de grasa de la leche puede estar influenciado por la época del año que afecta la dieta, así como por las prácticas de manejo y el componente racial (Desyibelew and Wondifraw, 2019). La Unión Europea y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) establecen que el contenido de grasa en la leche fluida total y no procesada no debe ser inferior a 3,5% y 3,25%, respectivamente. Los resultados obtenidos en este trabajo se encuentran dentro de los estándares recomendados.

La gravedad específica (promedio $1,03 \pm 0,01$ g/dm³) fue inferior a la reportada por Gwandu et al. (2018) y Gemechu and Amene (2016). Asimismo, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las provincias estudiadas. El contenido de sólidos no grasos en la leche varió entre $8,47 \pm 0,51\%$ y $8,99 \pm 0,72\%$, con un promedio general de $8,82 \pm 0,62\%$. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre provincias, excepto entre Huancayo y Jauja. Estos resultados son superiores a los reportados por Gemechu and Amene (2016) en Etiopía ($8,08 \pm 0,13\%$) y por Mahmoudi and Norian (2015) en Irán (8.50%). La Unión Europea establece que el contenido estándar de sólidos no grasos en la leche cruda no debe ser inferior al 8,59% (Tamime, 2008). Los resultados obtenidos en este estudio mostraron valores superiores al 8,59% en tres provincias (Huancayo, Jauja y Concepción), mientras que Chupaca presentó un valor ligeramente inferior ($8,47 \pm 0,51\%$). Estas diferencias, ligeramente por debajo del estándar de calidad de la UE, pueden estar relacionadas con la estacionalidad, las prácticas de alimentación, el período de lactancia y el método de ordeño.

El contenido de proteína en la leche fue de $3,28 \pm 0,31\%$ en Huancayo, $3,27 \pm 0,26\%$ en Jauja, $3,19 \pm 0,15\%$ en Concepción y $3,28 \pm 0,31\%$ en Chupaca, con un promedio general de $3,21 \pm 0,25\%$. Se encontró una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre Huancayo, Concepción y Chupaca, pero no entre Huancayo y Jauja ($p > 0,05$). Estos resultados

son similares a los reportados por Asefa and Teshome (2019) y Mahmoudi and Norian (2015), quienes encontraron valores de $3,16 \pm 0,31\%$ y $3,40\%$, respectivamente. Los estándares de calidad de la Unión Europea (UE) y de la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) sugieren valores no inferiores al $2,73\%$ y $2,9\%$ para la leche cruda entera, respectivamente. Todas las muestras de leche recolectadas en las cuatro provincias presentaron valores dentro de los estándares recomendados.

En las muestras de leche de Huancayo y Chupaca se detectó la presencia de agua añadida ($0,56 \pm 2,03\%$ y $1,59 \pm 2,98\%$, respectivamente). Según Rasheed et al. (2018) y Tripathy et al. (2019), la leche natural al ser un alimento rico en nutrientes, proteínas y vitaminas no debería sufrir ningún tipo de adulteración, ya que esto puede representar serios riesgos para la salud. Según nuestros resultados, la incorporación de agua a la leche es una práctica de adulteración que refleja comportamientos negativos

por parte de algunos productores en Huancayo y Chupaca, con el fin de aumentar el volumen total del producto ofrecido. La concentración de sólidos totales (TS) osciló entre $12,35\%$ y $12,91\%$, con un promedio general de $12,52 \pm 1,11\%$. La provincia de Jauja presentó una diferencia significativa ($p < 0,05$) respecto a las otras provincias ($p > 0,05$). Estos valores son superiores a los reportados por Desyibelew and Wondifraw (2019) ($11,89 \pm 0,40\%$) y Hnini et al. (2018) ($11,84 \pm 0,28\%$) en Etiopía y Marruecos, respectivamente. La Unión Europea (UE) establece que el contenido de sólidos totales no debe ser inferior al $12,5\%$. Por tanto, el promedio de TS encontrado en las muestras de leche está ligeramente dentro del estándar recomendado. Los valores ligeramente inferiores a los de la UE, observados en Huancayo, Chupaca y Concepción, pueden atribuirse a prácticas de manejo y alimentación deficientes que afectan la calidad de la leche, aunque esto no es estadísticamente significativo (Picinin et al., 2019).

Tabla 1. Media $\pm$ desviación estándar (D.E.) y comparación mediante la prueba de Tukey de las características fisicoquímicas de las muestras de leche cruda de vaca obtenidas en cuatro provincias del Valle del Mantaro ($n = 40$)

Variables	Huancayo (H) (n = 13)	Jauja (J) (n = 9)	Concepción (C) (n = 11)	Chupaca (CH) (n = 7)	Media global (n = 40)
Contenido en grasa (%)	$3,29 \pm 0,32^a$	$3,77 \pm 0,50^b$	$3,63 \pm 0,47^c$	$3,77 \pm 0,67^b$	$3,58 \pm 0,50$
Gravedad específica (g/dm ³)	$1,03 \pm 0,02^a$	$1,03 \pm 0,01^a$	$1,03 \pm 0,01^a$	$1,03 \pm 0,02^a$	$1,03 \pm 0,01$
Sólidos no grasos (%)	$8,96 \pm 0,73^a$	$8,99 \pm 0,72^a$	$8,75 \pm 0,42^b$	$8,47 \pm 0,51^c$	$8,82 \pm 0,62$
Proteína (%)	$3,28 \pm 0,31^a$	$3,27 \pm 0,26^a$	$3,19 \pm 0,15^b$	$3,07 \pm 0,18^c$	$3,21 \pm 0,25$
Adición de agua (%)	$0,56 \pm 2,03^a$	$0,00 \pm 0,00^b$	$0,00 \pm 0,00^b$	$1,59 \pm 2,98^c$	$0,46 \pm 1,72$
Punto de congelación	560 ± 52^a	570 ± 32^a	561 ± 27^b	535 ± 51^c	558 ± 42
Sales (%)	$0,72 \pm 0,07^a$	$0,72 \pm 0,07^a$	$0,71 \pm 0,03^a$	$0,69 \pm 0,04^a$	$0,71 \pm 0,05$
Sólidos totales (%)	$12,37 \pm 1,24^a$	$12,91 \pm 1,21^b$	$12,48 \pm 0,85^a$	$12,35 \pm 1,21^a$	$12,52 \pm 1,11$
Lactosa (%)	$4,97 \pm 0,55^a$	$4,95 \pm 0,41^a$	$4,83 \pm 0,22^b$	$4,67 \pm 0,28^c$	$4,88 \pm 0,41$
pH	$6,67 \pm 0,27^a$	$6,62 \pm 0,29^a$	$6,78 \pm 0,23^b$	$6,76 \pm 0,11^b$	$6,70 \pm 0,24$

Los valores de cada línea horizontal seguidos de la misma letra no difieren significativamente a $p < 0,05$, $n =$ número de muestras de leche.

El contenido de lactosa varió entre $4,67\%$ y $4,97\%$, con un promedio general de $4,88 \pm 0,41\%$. Hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre Huancayo, Concepción y Chupaca, pero no entre

Huancayo y Jauja ($p > 0,05$). Elrahman et al. (2009) reportaron valores más bajos de lactosa ($4,33 \pm 0,02\%$) en leche cruda de vacas en Sudán; sin embargo, Asefa and Teshome (2019) encontraron resul-

tados similares a los del presente estudio en vacas etíopes ($4,77 \pm 0,42\%$). A diferencia de la concentración de grasa, la concentración de lactosa en la leche es similar en todas las razas lecheras y no puede ser fácilmente alterada por prácticas de alimentación. La lactosa es importante porque influye en la absorción de minerales como cobre, zinc y calcio, especialmente durante la lactancia. Los valores de pH de las muestras de leche de Jauja y Huancayo no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$), al igual que entre Concepción y Chupaca, con un promedio general de pH de $6,70 \pm 0,24$. La medición del pH de la leche permite detectar impurezas, deterioro y signos de infección por mastitis, lo que ayuda a comprender las causas de algunos cambios en su composición. La leche fresca tiene un valor de pH de 6,7; un valor inferior puede ser indicativo de deterioro debido a la degradación bacteriana, cuan-

do la lactosa se descompone y se forma ácido láctico por la presencia de bacterias ácido-lácticas (BAL), lo que puede provocar la coagulación o formación de grumos con un olor y sabor característicos ("leche agria"). Por otro lado, valores de pH superiores a 6,7 pueden indicar la presencia de vacas con mastitis, por lo que la medición del pH puede ser una herramienta rápida para detectar esta enfermedad. Pequeñas variaciones en el pH (6,7) pueden afectar el tiempo requerido para la pasteurización y la estabilidad de la leche después del tratamiento.

3.2 Calidad microbiana de la leche cruda de vaca

La Tabla 2 presenta la calidad microbiana en muestras de leche cruda de vaca recogidas en el Valle del Mantaro.

Tabla 2. Media $\pm$ desviación estándar (D.E.) y comparación mediante el test de Tukey de los recuentos microbianos ($\log_{10}$ ufc/mL) pertenecientes a las muestras de leche estudiadas en cuatro provincias del Valle del Mantaro ($n = 40$).

Variables	Huancayo (H) (n = 13)	Jauja (J) (n = 9)	Concepción (C) (n = 11)	Chupaca (CH) (n = 7)	Media global (n = 32)
BMV (UFC/mL $\times 10^5$)	$19,12 \pm 54,78^a$	$0,95 \pm 1,24^b$	$1,18 \pm 1,64^c$	$0,31 \pm 0,42^d$	$0,66 \pm 30,76$
Log BMV	$6,28 \pm 6,74^a$	$4,98 \pm 5,10^b$	$5,07 \pm 5,21^b$	$4,48 \pm 4,63^c$	$4,82 \pm 6,49$
CT (UFC/mL $\times 10^3$)	$0,25 \pm 0,46$	$0,34 \pm 0,47$	$0,27 \pm 0,44$	$0,50 \pm 0,56$	$0,33 \pm 0,47$
Log CT	$2,39 \pm 2,66^a$	$2,53 \pm 2,67^b$	$2,44 \pm 2,65^a$	$2,70 \pm 2,75^c$	$2,52 \pm 2,67$
CF (UFC/mL $\times 10^3$)	$0,01 \pm 0,02$	$0,22 \pm 0,49$	$0,03 \pm 0,06$	$0,32 \pm 0,53$	$0,12 \pm 0,32$
Log CF	$0,84 \pm 1,34^a$	$1,34 \pm 2,69^b$	$1,49 \pm 1,81^c$	$2,50 \pm 2,73^d$	$2,06 \pm 2,52$
MLH (UFC/mL $\times 10^5$)	$1,87 \pm 5,81$	$0,67 \pm 1,33$	$0,06 \pm 0,06$	$0,47 \pm 0,78$	$0,81 \pm 3,27$
Log MLH	$2,76 \pm 5,76^a$	$4,83 \pm 5,12^b$	$3,77 \pm 3,82^c$	$4,67 \pm 4,89^d$	$4,01 \pm 4,90$

BMV= bacterias mesófilas viables, CT= coliformes totales, CF= coliformes fecales, MLH= cuenta de levaduras y mohos. Las medias $\pm$ D.S. seguidas de letras superíndices diferentes en una misma fila especifican diferencia significativa ($p < 0,05$), UFC= unidad formadora de colonias por mL, n = número de muestras de leche.

El recuento total de bacterias mesófilas viables (BMV) expresado en logaritmos mostró un promedio general de $\log 4,82 \pm 6,49$ UFC/100 mL ($0,66 \pm 30,76 \times 10^5$ UFC/mL). Los resultados encontrados en las muestras de leche revelaron que en Huancayo, las BMV excedieron el nivel permitido de $\log 5,3$ UFC/mL (5×10^5 UFC/mL) según los estándares oficiales (MINAGRI, 2017), ya que se determinó un $\log 6,28 \pm 6,74$ UFC/mL ($191,2 \pm 54,78 \times 10^5$ UFC/mL). La contaminación microbiana está relacionada con la cadena de manejo y con el animal

mismo cuando está infectado (Gwandu et al., 2018); por lo tanto, el proceso de ordeño, el ambiente de ordeño, el manejo de la leche y su almacenamiento se habrían realizado en condiciones antihigiénicas, lo que sería más evidente en Huancayo debido a la alta carga microbiana en la leche. Hallazgos similares fueron reportados por Gwandu et al. (2018) en Tanzania y Ogot et al. (2015) en Kenia.

El promedio de recuento de coliformes fecales (CF) en las cuatro provincias mostró diferencias sig-

nificativas ($p < 0,05$) entre ellas (Tabla 2). El promedio general de CF fue de $\text{Log } 2,06 \pm 2,52 \text{ UFC/mL}$, con el siguiente orden: Chupaca ($2,50 \pm 2,73$) > Concepción ($1,49 \pm 1,81$) > Jauja ($1,34 \pm 2,69$) > Huancayo ($0,84 \pm 1,34$). Resultados similares fueron reportados por Abdalla and Elhagaz (2011), quienes determinaron un recuento de coliformes de $\text{Log } 2,23 \pm 0,14 \text{ UFC/mL}$ en muestras de leche de vaca obtenidas en granjas de Sudán. En contraste, Gemechu and Amene (2016) informaron un mayor recuento de CF con un promedio general de $\text{Log } 5,10 \pm 0,29 \text{ UFC/mL}$. En el presente estudio, algunas vacas se mantienen en establos fangosos y en condiciones higiénicas deficientes, lo que probablemente influyó en la contaminación de las muestras de leche, incrementando el recuento microbiano.

Es importante determinar tanto el número total de bacterias como el tipo de microorganismos presentes; los coliformes, por ejemplo, pueden crecer a temperaturas de 4°C a 7°C , resistiendo la pasteurización, lo que reduce la vida útil de la leche y altera la calidad de productos derivados como el queso y el yogurt. Por esta razón, es esencial enfriar la leche para mantener su calidad higiénica. Las fuentes de contaminación pueden incluir bacterias dentro de la glándula mamaria, relevantes en rebaños con alta presencia de mastitis, y bacterias externas al animal, que son la principal fuente de contaminación. El número final de microorganismos en la leche está relacionado con el entorno (pastos, corrales, etc.), el nivel de contaminación bacteriana, las condiciones favorables para el desarrollo de bacterias durante el almacenamiento y las prácticas de higiene.

El promedio de recuento total de coliformes presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras de leche obtenidas de granjas lecheras de cada provincia, con un promedio general de $\text{Log } 4,82 \pm 6,49 \text{ UFC/mL}$ (rango de $\text{Log } 4,48 - 6,28 \text{ UFC/mL}$). Así, el recuento promedio general de coliformes totales en la leche cruda de vaca de las cuatro provincias fue inferior al reportado por Gemechu and Amene (2016), quienes encontraron un elevado recuento total de bacterias de $\text{Log } 7,09 \pm 0,34 \text{ UFC/mL}$ en muestras de leche recolectadas en granjas lecheras de la zona Bench Maji, Etiopía. Por otro lado, el recuento total de bacterias en Huancayo ($19,12 \times 10^5$) y Concepción ($1,18 \times 10^5$) fue relativamente superior al nivel aceptable (1×10^5 bacterias por mL de leche cruda).

El mayor recuento microbiano observado en Huancayo podría deberse a la falta de preparación adecuada y conocimiento sobre el uso de utensilios y materiales de ordeño limpios (recipientes plásticos), al mantenimiento deficiente del área de producción de leche, al tratamiento inadecuado de la ubre de las vacas por los ordeñadores y a la baja calidad higiénica en general. Asimismo, la mayor parte de la producción de leche se realiza en pequeños rebaños. La presencia de bacterias coliformes fecales indica condiciones antihigiénicas y prácticas deficientes en el almacenamiento o la producción (Martin et al., 2016). A través de programas de prevención en el ordeño, se puede reducir la posibilidad de contaminación con coliformes totales, y en particular con coliformes fecales, lo que constituye un riesgo para la salud pública.

El recuento promedio de levaduras y mohos (MLH) fue de $\text{Log } 2,76 \pm 5,76$, $\text{Log } 4,83 \pm 5,12$, $\text{Log } 3,77 \pm 3,82$ y $\text{Log } 4,67 \pm 4,89 \text{ UFC/mL}$ para las muestras de leche analizadas de Huancayo, Jauja, Concepción y Chupaca, respectivamente, con un promedio general de $\text{Log } 4,01 \pm 4,90 \text{ UFC/mL}$. Se observaron diferencias significativas entre los recuentos de mohos y levaduras ($p > 0,05$) (Tabla 2). Entre provincias, Jauja presentó un mayor recuento de MLH que Chupaca, Concepción y Huancayo. Valores similares de MLH fueron reportados por Gemechu and Amene (2016) en tres ciudades de Etiopía, con un promedio general de $\text{Log } 3,90 \pm 0,48$. Sin embargo, en otras ciudades etíopes, Habtamu et al. (2018) reportaron valores más altos de MLH, con un promedio general de $\text{Log } 7,21 \pm 0,21 \text{ UFC/mL}$.

Ortiz-Durán et al. (2017) en Colombia mencionan que la presencia de hongos en la leche puede ser un indicador de mala higiene o enfermedad en la glándula mamaria, evidenciando la presencia de *Candida spp.* y, en menor proporción, *Aspergillus spp.* en todas las muestras evaluadas; lo que sugiere un factor que pone en riesgo la seguridad y calidad de la leche y sus derivados. Los mayores valores de MLH encontrados en la leche analizada de las provincias de Jauja y Chupaca podrían estar relacionados con una higiene personal deficiente, contaminación del aire por organismos, recipientes sin limpiar y malas prácticas de los manipuladores de leche.

3.3 Calidad higiénica de la leche cruda de vaca

Se detectó la presencia de residuos de antibióticos (betalactámicos, tetraciclina y cefalexina) en el 37,5% (n = 15) del total de muestras (n = 40). Las provincias de Huancayo (n = 13), Jauja (n = 9), Concepción (n = 11) y Chupaca (n = 7) mostraron la presencia de antibióticos en 30,7%, 44,4%, 54,5% y 14,3%, respectivamente (Tabla 3). El elevado recuento de mesófilos aeróbicos se atribuye a la presencia de bacterias en los residuos de leche que quedan en la superficie de los materiales utilizados para la recogida o almacenamiento de leche, las ubres sucias o mal limpiadas antes del ordeño y la falta de enfriamiento rápido de la leche (Calderón et al., 2006).

El ensayo de reducción del azul de metileno (MBRT) es un método adecuado para inferir el número de organismos presentes en las muestras de leche (Nandy and Venkatesh, 2010). A medida que aumenta la carga bacteriana en la leche, el indicador de la oxidación-reducción cambia más rápidamente a su base leucocitaria, lo que representa un recuento metabólico indirecto. Sin embargo, si el número de microorganismos presentes en la leche cruda con efecto reductor es bajo, el ensayo puede no estar en correlación con el recuento bacteriano obtenido a partir de las placas. Esta discrepancia significa que la TRBM no siempre refleja con precisión la contaminación microbiana real de la leche, disminuyendo su valor como herramienta de diagnóstico rápido (Luigi et al., 2013).

De las 40 muestras de leche analizadas con MBRT (Tabla 2), 13 muestras (32,5%) eran de excelente calidad, 18 muestras (45,0%) eran de buena calidad, 9 muestras (22,5%) eran de calidad aceptable y ninguna muestra (0%) se clasificó de mala calidad. Por provincias, Huancayo (n = 13) presentó una calidad excelente, buena y aceptable en 38,4% (H2, H3, H5, H6 y H7), 38,4% (H1, H4, H8, H9 y H11) y 23,2% (H10, H12 y H13), respectivamente.

En Jauja (n = 9), 55,6% (n = 5; J1, J2, J4, J7 y J8) de las muestras fueron de excelente calidad, mientras que el 22,2% (n = 2) fueron de buena calidad (J3 y

J9) y aceptable (J5 y J6). Para Concepción (n = 11), 27,3%, 54,6% y 18,1% de las muestras fueron de excelente calidad (C2, C4 y C5), buena (C1, C3, C6, C7, C8 y C10) y aceptable (C9 y C11), respectivamente.

En Chupaca (n = 7), el 71,4% de las muestras se clasificaron como de buena calidad (CH2, CH3, CH4, CH5 y CH7), y el 28,6% como de calidad aceptable (CH1 y CH6). En general, la calidad de la leche en el Valle de Mantaro fue categorizada como Buena Calidad con un MBRT promedio de $3,50 \pm 1,26$ horas.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de calidad higiénica, incluyendo la presencia de antibióticos, el tiempo de reducción de azul de metileno (MBRT) y la clasificación de calidad de muestras de leche cruda de vaca recolectadas en cuatro provincias del Valle de Mantaro.

El reconocimiento de los factores de riesgo presentes a lo largo del proceso biológico y de producción de leche de baja calidad debería permitir a los diferentes actores involucrados (productores, recolectores y procesadores de leche) replantear sus respectivos esquemas de trabajo con el fin de adoptar medidas correctivas para mejorar la calidad higiénica de la leche.

4 Conclusiones

Con referencia a las propiedades fisicoquímicas de las muestras de leche cruda de vaca provenientes de las cuatro provincias del Valle del Mantaro, los valores encontrados se ubicaron dentro de los estándares nacionales e internacionales.

La determinación de la calidad higiénica de la leche muestreada en las cuatro provincias mostró un nivel aceptable según la prueba de reducción de azul de metileno (RAM). El análisis microbiológico detectó la presencia de bacterias mesófilas viables, coliformes totales, coliformes fecales, y recuentos de levaduras y mohos, lo cual podría estar relacionado con condiciones sanitarias deficientes, materiales de recolección sucios, un ambiente de ordeño inadecuado, entre otros factores.

Tabla 3. Presencia de residuos de antibióticos, prueba MBRT (tiempo de reducción del azul de metileno) y clasificación de la calidad basada en cada punto de recogida y su media.

Lugar	Punto	Residuos de antibióticos presencia	Tiempo de reducción (horas)	Tiempo medio de reducción (horas)	Calidad
Huancayo (H) (n = 13)	H1	No (-)	3,0 (Buena)	3,54 ± 1,43	Buena
	H2	No (-)	4,5 (Excelente)		
	H3	No (-)	4,5 (Excelente)		
	H4	Si (+)	4,0 (Buena)		
	H5	Si (+)	5,0 (Excelente)		
	H6	Si (+)	4,5 (Excelente)		
	H7	No (-)	5,5 (Excelente)		
	H8	No (-)	3,5 (Buena)		
	H9	No (-)	4,0 (Buena)		
	H10	Si (+)	1,0 (Aceptable)		
	H11	No (-)	4,0 (Buena)		
	H12	No (-)	1,5 (Aceptable)		
	H13	No (-)	1,0 (Aceptable)		
Jauja (J) (n = 9)	J1	No (-)	4,5 (Excelente)	3,33 ± 1,31	Buena
	J2	No (-)	5,0 (Excelente)		
	J3	No (-)	3,5 (Buena)		
	J4	Si (+)	5,0 (Excelente)		
	J5	No (-)	1,5 (Aceptable)		
	J6	Si (+)	1,5 (Aceptable)		
	J7	Si (+)	3,5 (Excelente)		
	J8	Si (+)	2,0 (Excelente)		
	J9	No (-)	3,5 (Buena)		
Concepcion (C) (n = 11)	C1	Si (+)	3,5 (Buena)	3,54 ± 1,29	Buena
	C2	Si (+)	1,5 (Excelente)		
	C3	No (-)	3,0 (Buena)		
	C4	No (-)	4,5 (Excelente)		
	C5	No (-)	4,0 (Excelente)		
	C6	Si (+)	5,5 (Buena)		
	C7	No (-)	5,0 (Buena)		
	C8	Si (+)	3,5 (Buena)		
	C9	No (-)	4,0 (Aceptable)		
	C10	Si (+)	3,5 (Buena)		
	C11	Si (+)	1,0 (Aceptable)		
Chupaca (CH) (n = 7)	CH1	No (-)	2,5 (Aceptable)	3,57 ± 0,68	Buena
	CH2	No (-)	4,0 (Buena)		
	CH3	No (-)	4,0 (Buena)		
	CH4	No (-)	4,0 (Buena)		
	CH5	No (-)	4,0 (Buena)		
	CH6	Si (+)	2,5 (Aceptable)		
	CH7	No (-)	4,0 (Buena)		
Total (n = 40)				3,50 ± 1,26	Buena

Las recomendaciones para producir leche de buena calidad higiénica, basadas en el Código de Prácticas Higiénicas para la Leche y los Productos Lácteos CAC/RCP 57, publicado en 2004 por el Codex Alimentarius (MIDAGRI, 2004), incluyen la me-

jora de las prácticas generales de higiene, tanto en el entorno y proceso de ordeño como en el manejo post-ordeño y el almacenamiento higiénico de la leche. Si bien es cierto que la composición de la leche varía debido a una multiplicidad de factores, la

genética y la nutrición desempeñan un papel determinante en su calidad composicional, es en estos aspectos donde los productores lecheros del Valle del Mantaro deberían enfocar mayor atención.

Declaración de interés

Los autores no declaran ningún conflicto de interés.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los propietarios, gerentes y colaboradores de las granjas donde se recogieron las muestras. Igualmente, al MSc Danny Cruz por el apoyo en el análisis estadístico.

Contribución de los autores

F.A.V.: conceptualizó y diseñó el manuscrito, L.G.E.: redactó el manuscrito, N.M.S.; I.U.P.; A.R.H.D.L.C.: realizaron el análisis estadístico, la interpretación y la edición del manuscrito.

Referencias

- Abdalla, M. and Elhagaz, F. (2011). The impact of applying some hygienic practices on raw milk quality in khartoum state, sudan. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 7(2):169–173. Online:https://n9.cl/79pdo4.
- Alhussien, M. and Dang, A. (2018). Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview. *Veterinary world*, 11(5):562–577. Online:https://n9.cl/e54wk.
- AOAC International (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International*, volume 15. AOAC International, 17th edition.
- Asefa, Z. and Teshome, G. (2019). Physical properties and chemical compositions of raw cow milk in milk shades around addis ababa, ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*, 9(19):33–37. Online:https://n9.cl/au9ni.
- Bernet, T., Staal, S., and Walker, T. (2001). Changing milk production trends in peru. *Mountain Research and Development*, 21(3):268–275. Online:https://n9.cl/phgd6.
- Boudalia, S., Benati, D., Boukharoub, R., Chemakh, B., and Chemmam, M. (2016). Physicochemical properties and hygienic quality of raw and reconstituted milk in the region of guelma-algeria. *International Journal of Agricultural Research*, 11(2):77–83. Online:https://n9.cl/mhzy1.
- Brousett-Minaya, M., Torre, A., Chambi, A., Villalba, M., Herán, and Samata, G. (2015). Physicochemical, microbiological and toxicological quality of raw milk in cattle basins of the region puno-peru. *Scientia agropecuaria*, 6(3):165–176. Online:https://n9.cl/zc2z1.
- Calderón, A., García, F., and Martínez, G. (2006). Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 11(1):725–737. Online:https://n9.cl/wqn38u.
- Cardoso, C., de C Nunes, E., Barbosa, E., das GP Ribeiro, A., de M Souza, R., Liberal, M., and Castro, H. (2019). Farm test for rapid identification of antibiotic residues in raw milk. *Adv. Biotech. Microbiol*, 13(1):9–15. Online:https://n9.cl/eydss.
- Correo (2019). En riesgo producción de 100 mil litros de leche de la región junín. Diario Correo website. Online:https://n9.cl/fsevw.
- Desyibelew, W. and Wondifraw, Z. (2019). Evaluation of milk composition in zebu × hf crossbred dairy cows in different seasons and stage of lactations in amanuel town. *Ethiopia. Journal of Agricultural Science and Food Research*, 10(1):255. Online:https://n9.cl/nlmla.
- Elrahman, S., Ahmad, A., El Zubeir, I., El Owni, A., and Ahmed, M. (2009). Microbiological and physicochemical properties of raw milk used for processing pasteurized milk in blue Nile dairy company (sudan). *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4):3433–3437. Online:https://n9.cl/ucjtbk.
- Gemechu, T. and Amene, T. (2016). Physicochemical properties and microbial quality of raw cow milk produced by smallholders in bench maji-zone, southwestern ethiopia. *Food Science and Quality Management*, 54(1):47–54. Online:https://n9.cl/a4dwm.

- Gwandu, S., Nonga, H., Mdegela, R., Katakweba, A., Suleiman, T., and Ryoba, R. (2018). Assessment of raw cow milk quality in smallholder dairy farms in pemba island zanzibar, tanzania. *Veterinary Medicine International*, 1(1):1031726. Online:https://n9.cl/35ag2q.
- Habtmu, K., Ajebu, N., , and Edessa, N. (2018). Microbiological quality and safety of milk production and marketing in hawassa district, ethiopia. *African Journal of Microbiology Research*, 12(25):587–594. Online:https://n9.cl/b8f5u.
- Hnini, R., Ouhida, L., Chigr, M., Merzouki, M., Bahi, L., El Hansali, M., Najimi, M., and Chigr, F. (2018). Evaluation of the microbiological quality of moroccan cow raw milk in dairy herds located in the beni mellal region. *World Journal of Research and Review*, 7(1):19–23. Online:https://n9.cl/h3czu.
- Juárez-Barrientos, J., Díaz-Rivera, P., Rodríguez-Miranda, J., Martínez-Sánchez, C., Hernández-Santos, B., Ramírez-Rivera, E., Torruco-Uco, J., and Herman-Lara, E. (2016). Caracterización de la leche y clasificación de calidad mediante análisis cluster en sistemas de doble propósito. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(4):525–537. Online:https://n9.cl/wivvz.
- Kra, K., Mégnanou, R., Akpa, E., Assidjo, N., and Niamké, L. (2013). Evaluation of physicochemical, nutritional and microbiological quality of raw cow's milk usually consumed in the central part of côte d'ivoire. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 13(3):7888–7904. Online:https://n9.cl/42pzv.
- Luigi, T., Rojas, L., and Valbuena, O. (2013). Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria de leche cruda y pasteurizada expendida en el estado carabobo, venezuelaleche, bacterias salmonella spp., calidad microbiológica. *Salus*, 17(1):25–33. Online:https://n9.cl/ebs8d.
- Mahmoudi, R. and Norian, R. (2015). Physicochemical properties and frauds in the samples of raw cow milk produced in qazvin, iran. *Journal of Research and Health*, 5(3):340–346. Online:https://n9.cl/464x1.
- Martin, N., Trmčić, A., Hsieh, T., Boor, K., and Wiedmann, M. (2016). The evolving role of coliforms as indicators of unhygienic processing conditions in dairy foods. *Frontiers in microbiology*, 7:1549. Online:https://n9.cl/sdqpe.
- MIDAGRI (2004). Código de prácticas de higiene para la leche y los productos lácteos. cac/rcp 57–2004.
- MINAGRI (2005). *Aspectos Nutricionales y Tecnológicos de la Leche*. Dirección General de Promoción Agraria - MINAGRI.
- MINAGRI (2017). Decreto supremo n 007-2017-minagri. Online:https://n9.cl/qdbos.
- MINAGRI (2018). Ntp 202.084:2004, leche y productos lácteos. Online:https://n9.cl/30id6.
- Montes de Oca-Flores, E., Espinoza-Ortega, A., and Arriaga-Jordán, C. (2019). Technological and physicochemical properties of milk and physicochemical aspects of traditional oaxaca cheese. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(2):367–378. Online:https://n9.cl/ybwh4.
- Nandy, S. and Venkatesh, K. (2010). Application of methylene blue dye reduction test (mbrt) to determine growth and death rates of microorganisms. *African Journal of Microbiology Research*, 4(1):061–070. Online:https://n9.cl/iaa2s.
- Ogot, H., Ochuodho, H., and Machoka, R. (2015). Microbial analysis of raw and boiled milk sold at baraton center in nandi county, kenya. In *Proceedings of the Second Annual Baraton International Interdisciplinary Research Conference Proceedings 2015 Emerging Issues in Globalization, Baraton Interdisciplinary Research Journal*, pages 1–8.
- Ortiz-Durán, E., Pérez-Romero, R., and Orozco-Sanabria, C. (2017). Identificación de agentes micóticos en muestras de leche obtenidas de tanques de enfriamiento. *Ciencia y Agricultura*, 14(2):99–106. Online:https://n9.cl/pyb28.
- Owusu-Kwarteng, J., Akabanda, F., Agyei, D., and Jespersen, L. (2020). Microbial safety of milk production and fermented dairy products in africa. *Microorganisms*, 8(5):752. Online:https://n9.cl/ngga4.
- Picinin, L., Bordignon-Luiz, M., Cerqueira, M., Toaldo, I., Souza, F., Leite, M., Fonseca, L., and Lana, A. (2019). Effect of seasonal conditions and milk

- management practices on bulk milk quality in minas gerais state-brazil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71:1355–1363. Online: <https://n9.cl/5q7gn>.
- R Team Core (2019). A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna Austria. Retrieved from <https://www.r-project.org/>.
- Rasheed, N., Mohammad, A., and Hafeez, H. (2018). A comparative assessment of the quality of milk-validation of standard brands versus local milk sold in market. *Global Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences*, 5(1):1–5. Online: <https://bit.ly/3WDRppV>.
- Tamime, A. (2008). *Milk Processing and Quality Management*. Wiley Online Library.
- Thorning, T., Raben, A., Tholstrup, T., Soedamah-Muthu, S., Givens, I., and Astrup, A. (2016). Milk and dairy products: good or bad for human health? an assessment of the totality of scientific evidence. *Food y nutrition research*, 60(1):32527. Online: <https://n9.cl/zuou7>.
- Tripathy, S., Reddy, M., Vanjari, S., Jana, S., and Singh, S. (2019). A step towards miniaturized milk adulteration detection system: Smartphone-based accurate ph sensing using electrospun halochromic nanofibers. *Food Analytical Methods*, 12:612–624. Online: <https://n9.cl/9351y>.
- USDA (2019). Peru an overview of peru's dairy sector. USADA. Online: <https://n9.cl/25h0u>.
- Yadav, N., Yadav, R., and Pokharel, B. (2018). Bacteriological quality analysis of milk available in local market of janakpurdham, nepal. *J Microbiol*, 56:97–100. Online: <https://n9.cl/0u1ok>.