

Efecto del nivel de tecnificación de los establos lecheros de la provincia de Lima sobre la calidad composicional, higiénica y sanitaria de la leche

Effect of the level of technology of dairy farms in the province of Lima on the compositional, hygienic and sanitary quality of milk

Rocio Sandoval-Monzón^{1*}, Juan Cevallos Ampuero², Giuliana Ferrari Gabilondo², Milena Montenegro Vega³, Luis Ruiz-García¹

RESUMEN

El objetivo del estudio fue establecer la relación entre el nivel de tecnificación y la calidad de la leche en establos lecheros de la provincia de Lima, Perú. El estudio se llevó a cabo en 18 establos. Se recolectaron datos a través de encuestas, así como análisis de muestras de leche colectada durante tres días consecutivos. Se evaluaron variables relacionadas con el nivel de tecnificación de los establos, así como la calidad física, composicional, higiénica y sanitaria de la leche. Los resultados revelaron puntuaciones promedio de tecnificación de 7.1/10 en manejo, 4.3/10 en instalaciones y recursos, 4.2/6 en el ordeño, y 15.6/26 en tecnificación global. En cuanto a la calidad de la leche, se registraron temperaturas promedio de 18.38 °C, pH de 6.60, densidad media de 1.030 g/mL, sólidos totales de 12.11%, y grasa de 3.46%. El conteo promedio de bacterias mesófilas fue de 210×10^6 , coliformes de 6×10^7 , y células somáticas de 300×10^5 cél/mL. Se encontraron correlaciones negativas significativas entre el nivel de tecnificación con la temperatura de almacenamiento, el puntaje de sedimentación, y el conteo de bacterias mesófilas y coliformes en la leche. Además, quedó evidente que los establos con mayor nivel de tecnificación presentaron parámetros de calidad de la leche significativamente mejores en comparación con aquellos con menor tecnificación.

Palabras clave: tecnificación, establos lecheros, calidad de la leche, correlación

¹ Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

² Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

³ Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

*E-mail: rocio.sandoval@unmsm.edu.pe

Recibido: 8 de junio de 2023

Aceptado para publicación: 27 de julio de 2023

Publicado: 25 de agosto de 2023

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

ABSTRACT

The aim of this study was to establish the relationship between the level of technology and the quality of milk in dairy farms in the province of Lima, Peru. The study was carried out in 18 farms. Data was collected through surveys, as well as analysis of milk samples collected during three consecutive days. Variables related to the level of technology of the farms, as well as the physical, compositional, hygienic and sanitary quality of the milk were evaluated. The results revealed average technical scores of 7.1/10 in management, 4.3/10 in facilities and resources, 4.2/6 in milking, and 15.6/26 in the global technification. Regarding the quality of the milk, average temperatures of 18.38 °C, pH of 6.60, average density of 1.030 g/mL, total solids of 12.11%, and fat of 3.46% were recorded. The mean count of mesophilic bacteria was 210×10^6 , coliforms 6×10^7 , and somatic cells 300×10^5 cells/mL. Significant negative correlations were found between the level of technology with the storage temperature, the sedimentation score, and the count of mesophilic and coliform bacteria in the milk. In addition, it was evident that farms with better level of technology presented significantly better milk quality parameters compared to those with less technology.

Key words: technification, dairy farms, milk quality, correlation

INTRODUCCIÓN

La industria lechera tiene un importante reto frente a los consumidores, dado que la ciudadanía exige productos de alta calidad e inocuidad (Muñoz-Domínguez *et al.*, 2019). Con el propósito de cumplir con estos estándares de calidad, las autoridades pecuarias peruana establecieron un reglamento en el que se norman las nuevas exigencias del mercado sobre los estándares de calidad de la leche (Decreto Supremo N.º 007-2017-MINAGRI). Cumplir con esta exigencia es responsabilidad de los establos lecheros, de los acopiadores y de las industrias procesadoras; siendo el establo el eslabón de la cadena láctea en la cual se suelen presentar la mayoría de los problemas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012). Se debe tener en cuenta que la vida útil de la leche pasteurizada depende de la calidad de la leche cruda proveniente del establo (Barbano *et al.*, 2006).

En la provincia de Lima, al igual que en el Perú, la producción lechera se desarrolla en condiciones tecnológicas y socioeconómicas heterogéneas (Ministerio de Agricultura [MINAG], 2006). Según la infraestructura y el sistema de manejo existente, las ganaderías lecheras locales se pueden clasificar como sistemas intensivos y con fines comerciales (Cervantes *et al.*, 2001; MINAG, 2006). Lima es una de las tres principales regiones productoras de leche en Perú, siendo la región que presenta el mayor porcentaje de vacas en manos de ganaderos que cuentan con más de 50 animales (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2017). En la provincia de Lima, a diferencia de las otras regiones productoras de leche del país, se encuentran ganaderos con niveles de tecnificación más elevado, lo que les permite obtener índices productivos de 7300 L de leche por campaña, el cual se encuentra por encima del promedio nacional (MINAG, 2006; Pallette *et al.*, 2023).

La tecnificación de los establos lecheros implica la implementación de tecnologías para mejorar la producción de leche y el bienestar animal, las cuales se van implementando en un proceso de adaptación a las necesidades y posibilidades de cada productor (Camacho-Vera *et al.*, 2017). En la provincia de Lima, los establos lecheros presentan diferentes niveles de tecnificación, siendo el de menor nivel de tecnificación aquellos que solo utilizan el rastrojo como alimento para el ganado, en lugar de proveen ensilado y concentrados (Watson, 2011). Asimismo, establos con corrales separados para las distintas etapas productivas, bebederos y comederos apropiados para el número de animales por corral y salas de ordeño pueden proporcionar a los animales y al personal un mayor confort y un mejor empleo de sus recursos, lo que representa un mayor nivel de tecnificación (García-Muñiz *et al.*, 2007; Silveira dos Santos *et al.*, 2021). Por otro lado, el manejo y control de la temperatura ambiental para aminorar el estrés por calor, el empleo de registros digitales para el seguimiento productivo y sanitario de los animales y la capacitación del personal son algunos de los elementos que forman parte de un mayor nivel de tecnificación (Cervantes *et al.*, 2001; Edwards *et al.*, 2020).

Los beneficios de la tecnificación son muchos, incluyendo una mayor producción y rentabilidad, así como una mejor calidad de la leche. Los niveles de tecnificación de los establos dependen de factores tales como el nivel educativo de los propietarios y la disponibilidad de financiamiento (Camacho-Vera *et al.*, 2017; Edwards *et al.*, 2020). Cumplir el actual reto de proveer al mercado leche de calidad afecta fuertemente a los pequeños productores que carecen de la capacidad técnica, económica y tecnológica para lograrlo (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012). Por tanto, conocer los niveles de tecnificación de los establos lecheros en la provincia de Lima es importante para iniciar un plan de acción. El presente trabajo tuvo

como objetivo establecer la relación entre el nivel de tecnificación y la calidad de leche de establos lecheros de la provincia de Lima, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio observacional transversal fue realizado en 18 establos lecheros de la provincia de Lima, Perú, entre los meses de diciembre de 2021 y marzo de 2022. La recolección de datos se realizó mediante visitas con encuestas a los responsables de los establos y trabajadores de las salas de ordeño. Además, se tomaron tres muestras de leche (1500 ml) de los tanques en tres semanas consecutivas. Todos los muestreos se realizaron después del primer ordeño de la mañana, antes de que la leche sea recogida o llevada al acopiador. Las variables en estudio fueron el nivel de tecnificación de los establos como variable independiente y la calidad de leche como variable dependiente.

Los establos seleccionados tenían al menos 10 vacas en producción, con un rango de 15 a 668 vacas en producción, que en su mayoría eran de tipo Holstein (más de 7000 L de leche por campaña). El nivel de tecnificación de los establos consideró la tecnificación en el manejo de los animales, en las instalaciones y recursos existentes, y en el ordeño. Los indicadores de cada dimensión, así como la escala y puntajes de cada dimensión e indicador de tecnificación se muestran en el Cuadro 1.

En la evaluación de la calidad de leche se consideraron cuatro dimensiones:

- a) Calidad física, con dos indicadores. La temperatura de almacenamiento determinada con un termómetro digital y el pH determinado con un potenciómetro digital (Draaiyer *et al.*, 2009).
- b) Calidad composicional, con tres indicadores. La densidad se evaluó empleando un lactodensímetro (g/ml) con el res-

Cuadro 1. Escala de dimensiones e indicadores de los niveles de tecnificación de los establos lecheros de la provincia de Lima

| Dimensión | Indicador | 0 | 1 | 2 | 3 |
|---|--------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Tecnificación en manejo | Lugar de alimentación | Pastoreo | Mixto | En corral | |
| | Modo de alimentación | Forraje separado del concentrado | Forraje y concentrado al mismo tiempo | Ración totalmente mezclada | |
| | Forraje | Rastrojo | Fresco (chala chocleada) | Ensilado o heno | |
| | Concentrado | No usa | Ocasional | Continuo | |
| | Lugar de alimentación | Pastoreo | Mixto | En corral | |
| | Técnica reproductiva | Monta natural | Inseminación artificial | Inseminación con semen sexado | |
| | Procedencia del semental | Local | Nacional | Importado | |
| Tecnificación en instalaciones y recursos | Alojamiento | Corral único | Corrales por etapas productivas | | |
| | Sombra en echaderos | Sin sombra | Con sombra | | |
| | Sombra en comederos | Sin sombra | Con sombra | | |
| | Sombra en bebederos | Sin sombra | Con sombra | | |
| | Echaderos individuales | Sin echaderos | Con echaderos | | |
| | Ventilación forzada | No usa | Solo en sala de espera | En sala de espera y corrales | |
| | Registros | No tiene | En cuadernos | Hoja de cálculo | Software especializado |
| | Manejo de personal | Informal | Dependiente | | |
| Tecnificación en ordeño | Sala de ordeño | Sin sala | Sala rústica | Sala cerrada | |
| | Enfriamiento de leche | No tiene | Tanque de enfriamiento | | |
| | Tipo de ordeño | Manual | Ordeñadora portátil | Ordeñadora a porongo | Ordeñadora con línea directa a tanque |

pectivo ajuste de acuerdo con la temperatura de la leche. El porcentaje de grasa mediante la prueba volumétrica de Gerber. La determinación de sólidos totales en forma conjunta con el porcenta-

je de grasa, según la fórmula: Sólidos totales (%) = 0.25 (grados del lactodensímetro) + 1.22 (% de grasa) + 0.72 (Draaiyer *et al.*, 2009).

- c) Calidad higiénica, con tres indicadores: La evaluación del grado de suciedad se hizo a través de la prueba de sedimento (Draaiyer *et al.*, 2009), la determinación del recuento de aerobios mesófilos en leche mediante el método de película seca rehidratable según la norma AOAC 986.33 (Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA], 2016a), y el recuento de coliformes mediante el método de película seca rehidratable según la norma AOAC 986.33 (SENASA, 2016b).
- d) Calidad sanitaria, mediante el conteo de células somáticas (Draaiyer *et al.*, 2009).

La medición de la temperatura y el pH se hizo en el establo y los demás indicadores se realizaron en el laboratorio. Las muestras fueron llevadas al laboratorio a 4 °C.

Análisis de Datos

Para determinar el nivel de tecnificación de cada establo se sumaron los puntajes de la escala de tecnificación presentada en el Cuadro 1 para cada dimensión. Se realizó estadística descriptiva de la puntuación de cada una de las tres dimensiones de tecnificación y de la tecnificación global, así como de los indicadores de cada una de las dimensiones de la calidad de leche. Se calcularon los coeficientes de correlación de Spearman y la significancia entre el nivel de tecnificación de las tres dimensiones y los indicadores de la calidad de leche para determinar la relación entre las dimensiones de tecnificación con los indicadores de la calidad de leche.

Se estratificó a los establos en dos grupos según la puntuación de tecnificación global. Se consideró establos como de baja tecnificación con puntajes menores de 20 y como de alta tecnificación con puntajes iguales o mayores de 20. El efecto del grado de tecnificación sobre los indicadores de calidad de leche se analizó mediante un análisis de varianza de medidas repetidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nivel de Tecnificación

a) *Tecnificación en el manejo*

En la evaluación de las tecnologías de manejo se encontró que los animales de los 18 establos eran alimentados dentro del corral, 77.8% de los establos proporciona forraje y concentrado al mismo tiempo, 16.7% usaba ración total y 5.6% daba el concentrado por separado del forraje. Con relación al tipo de forraje empleado, 11% usaba ensilado, 50% usaba forraje fresco y 39% usaba rastrojos o residuos de cosecha. Por otro lado, 94% de los establos empleaba la inseminación artificial como técnica reproductiva, donde 44% usaba semen importado (ocasionalmente semen nacional) y el resto solo semen nacional.

b) *Tecnificación en instalaciones y recursos*

El 89% de los establos tenía corrales diferenciados por nivel productivo, 78% contaba con sombras en los echaderos, 50% con sombra en los comederos y bebederos, y solo 5.6% contaba con echaderos individuales. Con respecto a la ventilación, 77.8% no contaba con ventilación forzada, 16.7% la tenía en la sala de espera y 5.6% la tenía en corrales y sala de espera. En lo que respecta al manejo de registros, 44% de los establos llevaba registros en cuadernos, 11% manejaba sus registros en hojas de Excel, 27% contaba con un software especializado y 17% no llevaba registros. Así también, 22% de los establos contaba con personal dependiente o en planilla.

c) *Tecnificación en el ordeño*

El 61% de los establos contaba con una sala de ordeño rústica y abierta, 33% con sala de ordeño cerrada y 6% no tenía sala de ordeño. Así también, 66% contaba con un tanque de refrigeración. Con respecto al indica-

Cuadro 2. Puntaje obtenido como suma de los indicadores de las tres dimensiones de tecnificación de 18 establos lecheros de la provincia de Lima

| | Promedio | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|---|----------|---------------------|--------|--------|
| Tecnificación en manejo | 7.1 | 1.6 | 3 | 10 |
| Tecnificación en instalaciones y recursos | 4.3 | 2.9 | 0 | 10 |
| Tecnificación en ordeño | 4.2 | 1.6 | 1 | 6 |
| Tecnificación global | 15.6 | 5.6 | 5 | 26 |

dor tipo de ordeño, 44% contaba con línea de leche, 39% contaba con máquina a porongo y 17% tenían una ordeñadora portátil.

Puntaje de Tecnificación por Dimensión y Global

El Cuadro 2 presenta la puntuación obtenida en las tres dimensiones de tecnificación. El puntaje para la Tecnificación en manejo (7.1/12 puntos) indica un nivel ligeramente alto de eficiencia y conocimiento en las prácticas de manejo de los establos, el puntaje para la Tecnificación en instalaciones y recursos (4.3/11 puntos) sugiere que hay un importante margen de mejora en términos de infraestructura y disponibilidad de recursos en los establos evaluados, mientras que el puntaje para la Tecnificación en ordeño (4.2/6 puntos) fue la dimensión con el mayor puntaje relativo. Los puntajes de tecnificación en manejo y ordeño de los establos en estudio eran esperados debido a sus características de crianza intensiva, pero todavía tienen un importante margen por mejorar.

El puntaje de 15.6/29 en la Tecnificación Global indica que los establos lecheros muestran un nivel moderado de tecnificación, con fortalezas en la tecnificación en manejo y en ordeño, pero con necesidades de mejora en las instalaciones y en recursos.

Los resultados demuestran que la tecnificación en los establos en las diferentes dimensiones es variable a pesar de encontrarse en un área geográfica delimitada. Estos hallazgos coinciden con Camacho-Vera *et al.* (2017), quienes encontraron que el nivel tecnológico calculado para los productores varía desde un mínimo de 0.33 hasta un valor máximo de 1.00 con media de 0.76 ± 0.156 . Estos resultados proporcionan una base para identificar áreas de oportunidad y tomar medidas para optimizar la tecnificación en los establos lecheros de cualquier región (Battaglini *et al.*, 2013; Silveira dos Santos *et al.*, 2021). La variación en el nivel de tecnificación de los establos tiene implicaciones importantes sobre la productividad y sobre el impacto al medio ambiente (Silveira dos Santos *et al.*, 2021).

Calidad de Leche

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de calidad de leche de los 18 establos ($n=54$ muestras). Con respecto a la calidad física de la leche, la temperatura promedio fue de $18.38 \text{ }^\circ\text{C} (\pm 7.50 \text{ }^\circ\text{C})$, valor dentro del rango que permite la multiplicación bacteriana, mientras que se ralentiza cuando bordea los $10 \text{ }^\circ\text{C}$ y es estacionario entre 0 y $4 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 48-72 horas (Hernández, 1975). Asimismo, el pH promedio fue de $6.60 (\pm 0.20)$, siendo el rango normal de 6.50 a 6.80 .

Cuadro 3. Puntaje obtenido como suma de los indicadores de las cuatro dimensiones de la calidad de leche de 18 establos lecheros de la provincia de Lima (tres muestras por establo)

| Dimensiones | Rango óptimo | Promedio | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Calidad física | | | | | |
| Temperatura (°C) | 0-4 | 18.38 | 7.50 | 9.88 | 33.11 |
| pH | 6.5-6.8 | 6.60 | 0.20 | 6.04 | 7.14 |
| Calidad composicional | | | | | |
| Densidad 15 °C (g/mL) | 1.028-1.034 | 1.030 | 0.0013 | 1.028 | 1.033 |
| Sólidos totales (%) | ≥11.40 | 12.11 | 0.46 | 11.27 | 12.97 |
| Grasa (%) | ≥3.20 | 3.46 | 0.21 | 3.02 | 3.88 |
| Calidad higiénica | | | | | |
| Mesófilos (UFC/mL) | <10 ⁶ | 210 x 10 ⁶ | 350 x 10 ⁶ | 6.4x10 ³ | 1.5x10 ⁶ |
| Logaritmo del conteo de mesófilos | | 5.75 | 1.59 | 2.41 | 8.31 |
| Coliformes (UFC/mL) | <10 ³ | 6x10 ⁷ | 12 x 10 ⁷ | 100 | 52 x 10 ⁷ |
| Logaritmo del conteo de coliformes | | 4.36 | 1.79 | 1.23 | 7.44 |
| Sedimento (score 0-3) | | 1.09 | 0.92 | 0 | 3 |
| Calidad sanitaria | | | | | |
| CCS (Células/mL) | <7 x 10 ⁵ | 300 x 10 ⁵ | 250 x 10 ⁵ | 5.1 x 10 ⁵ | 1300 x 10 ⁵ |
| Logaritmo del CCS | | 5.38 | 0.63 | 3.72 | 6.49 |

UFC: unidades formadoras de colonias; CCS: Conteo de células somáticas.

Los rangos óptimos fueron extraídos del Decreto Supremo N° 007-2017- MINAGRI, a excepción del CCS, el cual fue extraído del esquema de pago de Leche Gloria 2021

Se indica que leches alcalinas (pH \geq 6.90) pueden provenir de vacas con mastitis, debido al aumento de la permeabilidad de las membranas de las células del tejido glandular originando una mayor concentración de iones Na y Cl y una reducción del contenido de lactosa y de P inorgánico soluble; en tanto que leches ácidas (pH<6.50) son indicativas de formación de ácido láctico, debido al crecimiento bacteriano (Gemechu *et al.*, 2015).

En la dimensión calidad composicional se obtuvo una densidad media de 1.030 g/mL (\pm 0.0013) a 15 °C, valor dentro del rango normal que está entre 1.028 y 1.034 g/mL (Draaiyer *et al.*, 2009; Puga-Torres *et al.*, 2022). Sin embargo, el Decreto Supremo N° 007-2017-MINAGRI, que aprueba el reglamento de la leche, indica un rango normal

ligeramente diferente de 1.0296 a 1.0340 g/mL, medido a una temperatura de 15 °C. Por otro lado, los sólidos totales promedio fueron de 12.11% (\pm 0.46), encontrándose dentro del rango normal indicado por el reglamento de la leche del Perú que especifica que debe ser no menos de 11.40% (Decreto Supremo N° 007-2017-MINAGRI), en tanto que la concentración de grasa promedio fue de 3.46% (\pm 0.21), siendo lo mínimo permitido de 3.20%. Los indicadores composicionales de la leche cruda de los establos lecheros de la provincia de Lima cumplen con la normativa nacional al igual que los establos lecheros de Ecuador (Martínez-Villarreal *et al.*, 2017; Puga-Torres *et al.*, 2022). Arce *et al.* (2022) también encontraron que los ganaderos de la sierra norte de Lima cumplen con las exigencias composicionales de la leche.

Cuadro 4. Coeficientes de correlación de Spearman entre la tecnificación en el manejo y los indicadores de la calidad de la leche en 54 muestras de 18 establos lecheros de la provincia de Lima, Perú

| | Coeficiente de correlación | Significancia (bilateral) |
|---|----------------------------|---------------------------|
| Temperatura (°C) | -0.535 | <0.001 |
| pH | 0.245 | 0.074 |
| Densidad 15 °C (g/mL) | 0.408 | 0.002 |
| Sólidos totales (%) | 0.428 | 0.001 |
| Grasa (%) | 0.137 | 0.323 |
| Logaritmo del conteo de mesófilos | -0.463 | <0.001 |
| Logaritmo del conteo de coliformes | -0.550 | <0.001 |
| Sedimento (score 0-3) | -0.259 | 0.059 |
| Logaritmo del conteo de células somáticas | 0.225 | 0.101 |

Con relación a la dimensión de calidad higiénica, se registró un conteo medio de bacterias mesófilas de 210×10^6 con una amplia desviación estándar (350×10^6), cuando es inaceptable tener valores mayores a 1×10^6 . Por otro lado, el conteo medio de coliformes fue de 6×10^7 (DE: 12×10^7), mientras que valores mayores de 1×10^3 son inaceptables (Decreto Supremo N.º 007-2017- MINAGRI). Así también, la empresa Leche Gloria S.A. tiene como límite máximo un valor de 5×10^5 UFC/mL y en caso de tener valores mayores realizan un descuento al precio pagado por kilogramo de leche (Leche Gloria, 2021). Estos resultados proporcionan una visión general de la calidad higiénica, pudiéndose observar que hay establos que no cumplen con lo establecido en las normas nacionales, por lo que se debería evaluar las posibles causas y analizar si están relacionadas con el nivel de tecnificación de los establos. Los indicadores de calidad higiénica de la leche cruda de los establos lecheros de la provincia de Lima, al igual que en los establos de Ecuador, no cumplen con la normativa, ya que están fuera de los estándares recomendados en ambos países (Martínez-Villarreal *et al.*, 2017; Puga-Torres *et al.*, 2022). El número total de bacterias en la leche está asociado con la contaminación

microbiana del exterior de la ubre, prácticas de limpieza y desinfección, y temperatura y tiempo de almacenamiento de leche cruda (Priyashantha, 2021).

Con respecto a la calidad sanitaria, el conteo de células somáticas del tanque indicó 300×10^5 células por ml ($\pm 250 \times 10^5$). Para esta variable, el reglamento nacional de la leche y productos lácteos (Decreto Supremo N.º 007-2017- MINAGRI) no establece un parámetro para este indicador; sin embargo, Leche Gloria S.A. realiza un descuento cuando supera los 7×10^5 cél/mL y una bonificación cuando está por debajo de 5×10^5 (Leche Gloria, 2021). Es importante mencionar que los ganaderos manifestaron no tener casos clínicos de vacas con mastitis durante el periodo de la toma de muestras de leche. Actualmente, el conteo de células somáticas es un indicador de mucha importancia al evaluar la calidad de la leche (Vieira *et al.*, 2021). El conteo de células somáticas está relacionado con problemas de la salud de la ubre y su incremento se encuentra relacionado con una menor calidad composicional e higiénica de la leche (Coelho *et al.*, 2014; Ilijoska *et al.*, 2015).

Cuadro 5. Coeficientes de correlación de Spearman entre la tecnificación de instalaciones y recursos y los indicadores de la calidad de la leche en 54 muestras de 18 establos lecheros de la provincia de Lima, Perú

| | Coeficiente de correlación | Significancia (bilateral) |
|---|----------------------------|---------------------------|
| Temperatura (°C) | -0.301 | 0.027 |
| pH | 0.097 | 0.483 |
| Densidad 15 °C (g/mL) | 0.377 | 0.005 |
| Sólidos totales (%) | 0.361 | 0.007 |
| Grasa (%) | 0.072 | 0.604 |
| Logaritmo del conteo de mesófilos | -0.617 | <0.001 |
| Logaritmo del conteo de coliformes | -0.616 | <0.001 |
| Sedimento (score 0-3) | -0.559 | <0.001 |
| Logaritmo del conteo de células somáticas | 0.063 | 0.649 |

Los coeficientes de correlación de Spearman entre el nivel de tecnificación en el manejo de los animales y la calidad de leche revelan algunas relaciones significativas (Cuadro 4). Se observa una correlación negativa (-0.535; $p < 0.001$) entre el nivel de tecnificación y la temperatura de almacenamiento, lo que sugiere que a medida que aumenta el nivel de tecnificación en las labores de manejo, disminuye la temperatura de almacenamiento de la leche, lo cual es favorable para mantener la calidad. Además, se encontraron correlaciones positivas significativas con la densidad a 15 °C (0.408; $p = 0.002$) y los sólidos totales (0.428; $p = 0.001$).

Así también, se observa una correlación negativa y altamente significativa con el conteo de bacterias mesófilas (-0.463; $p < 0.001$) y de coliformes (-0.550, $p < 0.001$). Estos resultados indican que a medida que se implementan prácticas más tecnificadas en el manejo de los establos, se reducen los niveles de bacterias mesófilas y coliformes en la leche, lo cual es crucial para garantizar su inocuidad. Sin embargo, no se encontraron correlaciones significativas entre el nivel de tecnificación y el pH de la leche fresca, la grasa, el puntaje de sedimento y el conteo de células somáticas.

En este sentido, Battaglini *et al.* (2013) encontraron que realizando buenas prácticas de manejo se logran mejoras significativas en la productividad y eficiencia de sus operaciones afectando directamente la calidad de la leche. Por ejemplo, el modo de alimentación, la administración de concentrado y el manejo del forraje puede estar relacionado con el incremento de la densidad de la leche. La composición de la leche, en términos de contenido de grasa, proteínas, lactosa y sólidos totales, son buenos indicadores de la calidad composicional (Velásquez y Vega, 2012; Brousett-Minaya *et al.*, 2015) y están relacionadas con el empleo de una dieta equilibrada que proporcione los nutrientes necesarios (Barbano *et al.*, 2006, Cervantes *et al.*, 2013).

Los coeficientes de correlación de Spearman entre el nivel de tecnificación de las instalaciones y recursos y la calidad de leche presentaron relaciones significativas (Cuadro 5). Se encontró una correlación negativa significativa de -0.301 ($p = 0.027$) entre el nivel de tecnificación de las instalaciones y recursos y la temperatura adecuada de almacenamiento. Además, hubo correlaciones positivas significativas con la densidad a 15 °C (0.377; $p = 0.005$) y con los sólidos totales

Cuadro 6. Coeficientes de correlación de Spearman entre la tecnificación en el ordeño y los indicadores de la calidad de la leche en 54 muestras de 18 establos lecheros de la provincia de Lima, Perú

| | Coeficiente de correlación | Significancia (bilateral) |
|---|----------------------------|---------------------------|
| Temperatura (°C) | -0.757 | <0.001 |
| pH | -0.082 | 0.557 |
| Densidad 15 °C (g/ml) | 0.079 | 0.570 |
| Sólidos totales (%) | 0.035 | 0.800 |
| Grasa (%) | -0.145 | 0.295 |
| Logaritmo del conteo de mesófilos | -0.455 | 0.001 |
| Logaritmo del conteo de coliformes | -0.386 | 0.004 |
| Sedimento (score 0-3) | -0.390 | 0.004 |
| Logaritmo del conteo de células somáticas | 0.258 | 0.060 |

(0.361; $p=0.007$). Así también, se encontró una correlación negativa y altamente significativa con el conteo de bacterias mesófilas (-0.617; $p<0.001$) y de coliformes (-0.616; $p<0.001$), y con el sedimento (-0.559; $p<0.001$). Sin embargo, no se encontraron correlaciones significativas con el pH de la leche fresca, la grasa y el conteo de células somáticas.

La tecnificación de instalaciones y recursos se encuentra asociada a la capacidad de inversión. García-Muñoz *et al.* (2007) ponen énfasis en la importancia que tiene el acceso a recursos financieros y el apoyo del gobierno para que los ganaderos puedan invertir en tecnificación. La calidad de las instalaciones consideradas en el trabajo, que involucran el empleo de sombras, ventilación y densidad poblacional están relacionados con el confort y bienestar animal, características que tienen un efecto positivo sobre la calidad de leche (FAO e IDF, 2011), como se observa en el presente estudio.

En el Cuadro 6 se puede apreciar algunos efectos significativos entre el nivel de tecnificación en el ordeño y los indicadores de calidad de leche. Se encontró una corre-

lación negativa significativa (-0.757; $p<0.000$) con la temperatura de almacenamiento, así como una correlación negativa y altamente significativa con el conteo de bacterias mesófilas (-0.455; $p=0.001$), de coliformes (-0.386; $p=0.004$) y con el puntaje del sedimento (-0.39; $p=0.004$). Sin embargo, no se encontró correlación significativa con el conteo de células somáticas. El manejo adecuado y la tecnificación en el ordeño ayudan a obtener una mejor calidad de leche y reducir el conteo de células somáticas (Vieira *et al.*, 2021).

Con respecto a la tecnificación en el ordeño; es decir, contar con un tanque de enfriamiento de leche, la sala de ordeño y el tipo de ordeño, se observa una importante correlación con la temperatura de la leche, la presencia de bacterias mesófilas y coliformes y el sedimento. Sobre esto Battaglini *et al.* (2013) menciona que la implementación de equipos y sistemas de ordeño modernos, contribuyen a minimizar la presencia de sedimentos, bacterias mesófilas y coliformes en la leche, lo que se traduce en una mejora de la calidad higiénica de la leche. Vieira *et al.* (2021) encontraron que una variable importante es la línea de leche, considerado dentro

Cuadro 7. Coeficientes de correlación de Spearman entre la tecnificación global y los indicadores de la calidad de la leche en 54 muestras de 18 establos lecheros de la provincia de Lima, Perú

| | Coeficiente de correlación | Significancia (bilateral) |
|---|----------------------------|---------------------------|
| Temperatura (°C) | -0.552 | <0.001 |
| pH | 0.082 | 0.557 |
| Densidad 15 °C (g/mL) | 0.180 | 0.193 |
| Sólidos totales (%) | 0.155 | 0.262 |
| Grasa (%) | -0.075 | 0.589 |
| Logaritmo del conteo de mesófilos | -0.631 | <0.001 |
| Logaritmo del conteo de coliformes | -0.584 | <0.001 |
| Sedimento (score 0-3) | -0.503 | <0.001 |
| Logaritmo del conteo de células somáticas | 0.184 | 0.182 |

de este estudio como tipo de ordeño, donde se observa que los establos que cuentan con una línea de leche tienen un conteo de células somáticas 21.7% más bajo en comparación con los establos que ordeñan manualmente. Así también, estos autores, encontraron que los establos que no contaban con sala de ordeño cerrada tenían una menor calidad de la leche.

En la evaluación del efecto de la tecnificación global sobre los indicadores de calidad de leche (Cuadro 7) se encontró una correlación negativa de -0.552 ($p < 0.001$) entre el nivel de tecnificación global con la temperatura de almacenamiento de la leche, así como correlaciones negativas con el conteo de bacterias mesófilas (-0.631; $p < 0.001$), con el conteo de coliformes (-0.584; $p < 0.001$) y con el sedimento (-0.503; $p < 0.001$), no habiendo correlaciones significativas con los demás indicadores. La correlación entre el nivel de tecnificación global y la temperatura de almacenamiento de la leche se debe principalmente a que en los establos con mayor nivel de tecnificación cuentan con tanques de refrigeración de la leche. La higiene durante el proceso de ordeño y manipulación de la leche es esencial para garantizar su calidad (Barbano *et al.*, 2006; Coelho *et al.*, 2014). La presencia de sedimento, bacterias

mesófilas y coliformes en la leche, indicadores de una baja calidad higiénica, pueden contaminar la leche durante el ordeño debido a una higiene deficiente de las ubres, así como a una inadecuada limpieza y desinfección de los equipos de ordeño (Ilijoska *et al.*, 2015; Contero *et al.*, 2021). La implementación de protocolos de higiene adecuados y el seguimiento de buenas prácticas de manipulación son fundamentales para prevenir la contaminación y mantener la calidad higiénica de la leche.

En el Cuadro 8 se presentan los resultados del análisis de varianza con medidas repetidas comparando establos con alto nivel de tecnificación (≥ 20 puntos) con establos con bajo nivel de tecnificación (< 20 puntos). La temperatura de almacenamiento de la leche en establos con alto nivel de tecnificación fue de 13.1 °C, mientras que en los establos con bajo nivel de tecnificación fue de 20.4 °C ($p < 0.05$). Si bien los establos con alta tecnificación tenían una temperatura de la leche más baja, esta se encuentra por encima de los valores recomendados (Hernández, 1975). Esta temperatura de la leche es el reflejo de la mezcla de leche del ordeño de la mañana con la refrigerada del día anterior, no habiendo tiempo suficiente para disminuir de temperatura antes de la entrega de la leche al centro de acopio.

Cuadro 8. Efecto del nivel de tecnificación alto y bajo sobre los diferentes indicadores de la calidad de la leche en 54 muestras de 18 establos lecheros de la provincia de Lima, Perú

| Calidad de leche | Tecnificación ¹ | Promedio | Desviación estándar | Valor de F | Significancia |
|---|----------------------------|----------|---------------------|------------|---------------|
| Temperatura °C | Alta | 13.1 | 2.6 | 4.018 | 0.042* |
| | Baja | 20.4 | 7.8 | | |
| pH | Alta | 6.6 | 0.3 | 0.195 | 0.664 |
| | Baja | 6.6 | 0.1 | | |
| Densidad 15 °C (g/mL) | Alta | 1.030 | 0.001 | 5.936 | 0.027* |
| | Baja | 1.029 | 0.001 | | |
| Sólidos totales (%) | Alta | 12.483 | 0.289 | 6.399 | 0.022* |
| | Baja | 11.967 | 0.432 | | |
| Grasa (%) | Alta | 3.6 | 0.2 | 1.892 | 0.188 |
| | Baja | 3.4 | 0.2 | | |
| Logaritmo del conteo de mesófilos | Alta | 4.190 | 1.735 | 10.434 | 0.005* |
| | Baja | 6.346 | 1.052 | | |
| Logaritmo del conteo de coliformes | Alta | 2.800 | 1.339 | 7.554 | 0.014* |
| | Baja | 4.963 | 1.579 | | |
| Sedimento (score 0-3) | Alta | 0.467 | 0.516 | 4.479 | 0.049* |
| | Baja | 1.333 | 0.927 | | |
| Logaritmo del conteo de células somáticas | Alta | 5.550 | 0.202 | 0.547 | 0.470 |
| | Baja | 5.315 | 0.721 | | |

¹ Tecnificación alta: 15 muestras; Tecnificación baja: 39 muestras

Por otro lado, los resultados muestran que se encontró diferencia significativa en la densidad de leche ($p < 0.05$) y sólidos totales ($p < 0.05$). Los establos con alta tecnificación presentan una densidad de 1.031 g/mL y 12.5% de sólidos totales, mientras que los de baja tecnificación tienen 1.030 g/mL en densidad y 12.0% de sólidos totales. Estos resultados coinciden con Martínez-Villarreal *et al.* (2017), quienes encontraron un mayor porcentaje de sólidos totales en los establos más tecnificados.

En términos de higiene, se observó que los establos con alto nivel de tecnificación tuvieron un promedio del logaritmo del conteo de bacterias mesófilas de 4.19, de bacterias

coliformes de 2.80 y un puntaje de sedimento de 0.47, mientras que en los establos con bajo nivel de tecnificación fue de 6.35, 4.96 y de 1.33, respectivamente ($p < 0.001$). Por otra parte, en la calidad sanitaria no se encontraron diferencias significativas en los valores del logaritmo del conteo de células somáticas entre establos con alto y bajo nivel de tecnificación ($p = 0.470$) (Cuadro 8). Esto coincide con Paixão *et al.* (2018), quienes sostienen que la tecnificación y el manejo contribuyen a obtener una mejor calidad de leche con un menor conteo total de bacterias. Estos autores, asimismo, reportan que la tecnificación y el cumplimiento de los derechos laborales mostraron una relación positiva con la calidad higiénico-sanitaria de la leche producida.

CONCLUSIONES

Los establos con mayor nivel de tecnificación presentaron una mejor calidad de la leche en términos de menor temperatura de almacenamiento, mayor densidad a 15 °C, mayor contenido de sólidos totales y de grasa, menor conteo de bacterias mesófilas y coliformes, y un menor contenido de sedimento en la leche.

LITERATURA CITADA

1. **Arce E, Fernández F, Vásquez A, Sessarego E. 2022.** Evaluación de la calidad de leche en una asociación de pequeños ganaderos en la sierra norte de Lima, Perú. *Per Agric Res* 4: 71-76. doi: 10.51431/par.v4i2.793
2. **Barbano DM, Ma Y, Santos MVD. 2006.** Influence of raw milk quality on fluid milk shelf life. *J Dairy Sci* 89: E15-E19. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(06)-72360-8
3. **Battaglini APP, Fagnani R, Dunga KS, Beloti V. 2013.** Difusão de boas práticas e caracterização de propriedades leiteiras. *Arch Zootec* 62: 151-154. doi: 10.4321/S0004-05922013000100017
4. **Brousett-Minaya M, Torres Jiménez A, Chambi A, Mamani B, Gutiérrez H. 2015.** Calidad fisicoquímica, microbiológica y toxicológica de leche cruda en las cuencas ganaderas de la región Puno-Perú. *Scientia Agropecu* 6: 165-176.
5. **Camacho-Vera J, Cervantes-Escoto F, Palacios-Rangel M, Rosales-Noriega F, Vargas-Canales J. 2017.** Factores determinantes del rendimiento en unidades de producción de lechería familiar. *Rev Mex Cienc Pecu* 8: 23-29. doi: 10.22319/rmcp.v8i1.4313
6. **Cervantes F, Cesín A, Mamani I. 2013.** La calidad estándar de la leche en el estado de Hidalgo, México. *Rev Mex Cienc Pecu* 4: 75-86.
7. **Cervantes F, Santoyo H, Álvarez A. 2001.** Lechería familiar: factores de éxito para el negocio. México DF.: Plaza y Valdes. 235 p.
8. **Coelho KO, Mesquita AJD, Machado PF, Lage ME, Meyer PM, Reis AP. 2014.** Efeito da contagem de células somáticas sobre o rendimento e a composição físico-química do queijo muçarela. *Arq Bras Med Vet Zoo* 66: 1260-1268. doi: 10.1590/1678-7616
9. **Contero R, Requelme N, Cachi-puendo C, Acurio D. 2021.** Calidad de la leche cruda y sistema de pago por calidad en el Ecuador. *La Granja*. 33: 31-43. doi 10.17163/lgr.n33.2021.03
10. **Decreto Supremo N.º 007-2017-MINAGRI. El Peruano. 2017.** Reglamento de la leche y productos lácteos. [Internet]. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-de-la-leche-y-prod-decreto-supremo-n-007-2017-minagri-1538908-1/>
11. **Draaiyer J, Dugdill B, Bennett A, Mounsey J. 2009.** Milk testing and payment systems. Resource book: a practical guide to assist milk producer groups. Italy. FAO. 89 p.
12. **Edwards JP, Kuhn-Sherlock B, Rue BD, Eastwood CR. 2020.** Technologies and milking practices that reduce hours of work and increase flexibility through milking efficiency in pasture-based dairy farm systems. *J Dairy Sci* 103: 7172-7179. doi: 10.3168/jds.2019-17941
13. **[FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations, [IDF] International Dairy Federation. 2011.** Guide to good dairy farming practice. Animal production and health guidelines. Rome: FAO-IDF. 80 p.
14. **García-Muñiz J, Mariscal-Aguayo D, Caldera-Navarrete N, Ramírez-Valverde R, Estrella-Quintero H, Núñez-Domínguez R. 2007.** Variables relacionadas con la producción de leche de ga-

- nado Holstein en agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico. *Interciencia* 32: 841-846.
15. **Gemechu T, Beyene F, Eshetu M. 2015.** Physical and chemical quality of raw cow's milk produced and marketed in Shashemene Town, Southern Ethiopia. *ISABB J Food Agric Sci* 5: 7-13.
 16. **Hernández JM. 1975.** La refrigeración de la leche (N.º. Folleto 5410). Madrid, España: Ministerio de Agricultura. 28 p.
 17. **Ilijoska M, Popovski N, Cokuzovski I, Presilski S. 2015.** Somatic cells and their influence on milk quality. *Natural Sci Human* 17: 94-97.
 18. **Leche Gloria S.A. 2021.** Cartilla informativa: Esquema de pago de leche cruda. *El Poronguito*. 375: 8.
 19. **Martínez-Villarreal D, Morales S, Núñez L, Santander S, De la Cueva F, Puga-Torres B. 2017.** Determination of the hygienic and physico-chemical quality of raw milk produced by small and medium producers of the north-east region of Carchi-Ecuador. *Asian J Sci Technol* 8: 5908-5913.
 20. **[MINAG] Ministerio de Agricultura. 2006.** Plan Nacional para el Desarrollo Ganadero 2006-2015. 57 p.
 21. **[MINAGRI] Ministerio de Agricultura y Riego. 2017.** Ganadería lechera en el Perú. Análisis de su estructura dinámica y propuestas de desarrollo. 84 p.
 22. **Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia. 2012. Resolución 0017.** Por el cual se establece el sistema de pago de la leche cruda al proveedor. [Internet]. Disponible en: https://www.sic.gov.co/sites/default/files/normatividad/052018/Resolucion_17_2012.pdf
 23. **Muñoz-Domínguez L, Jurado-Gámez H, Quitiaquez-Montenegro D, Fajardo-Argoti C, Insuasty-Santacruz E. 2019.** Evaluación de la calidad composicional, microbiológica y sanitaria de la leche cruda en el segundo tercio de lactancia en vacas lecheras. *Rev Fac Med Vet Zootec* 66: 53-66. doi: 10.15446/rfmvz.v66n1.79402
 24. **Pallete A, García M, Cespedes P, Rodríguez Z. 2023.** Productividad lechera en vacas Holstein de la cuenca de Lima-Perú. *Anales Científicos* 84: 68-83. doi: 10.21704/ac.v84i1.1857
 25. **Paixão MG, Lopes MA, Macedo RC, da Costa GM, de Abreu LR, Pinto SM. 2018.** Aspectos da mão de obra contratada e qualidade do leite em propriedades leiteiras localizadas no sul de Minas Gerais. *Medicina Veterinária (UFRPE)* 12: 28-36.
 26. **Priyashantha H, Lundh Å, Höjer A, Bernes G, Nilsson D, Hetta M, Saedén KH, et al. 2021.** Composition and properties of bovine milk: a study from dairy farms in northern Sweden; Part I. Effect of dairy farming system. *J Dairy Sci* 104: 8582-8594. doi: 10.3168/jds.2020-19650
 27. **Puga-Torres B, Aragón Vásquez E, Ron L, Álvarez V, Bonilla S, Guzmán A, Lara D, et al. 2022.** Milk quality parameters of raw milk in Ecuador between 2010 and 2020: a systematic literature review and meta-analysis. *Foods* 11: 3351. doi: 10.3390/foods11-213351
 28. **[SENASA] Servicio Nacional de Sanidad Agraria. 2016a.** Método: Recuento de aerobios mesófilos en leche, método de película seca rehidratable. MET-UCCIRT/Lima-02. [Internet]. Disponible en: https://www.senasa.gob.pe/intranet/wp-content/uploads/2016/12/MET-UCCIRT-Lma-11_0-Recuento-de-coliformes-en-leche-m%3%a9todo-de-pel%3%adcula-seca-rehidratable-1.pdf
 29. **[SENASA] Servicio Nacional de Sanidad Agraria. 2016b.** Método: Recuento de coliformes en leche, método de película seca rehidratable. MET-UCCIRT/Lima-11. [Internet]. Disponible en: https://www.senasa.gob.pe/intranet/wp-content/uploads/2016/12/MET-UCCIRT-Lma-11_0-Recuento-de-coliformes-en-leche-m%3%a9todo-de-pel%3%adcula-seca-rehidratable-1.pdf

30. **Silveira dos Santos J, Miziara F, Fernandes H, Miranda R, Collevatti R. 2021.** Technification in dairy farms may reconcile habitat conservation in a Brazilian Savanna Region. *Sustainability* 13: 5606. doi: 10.3390/su13105606
31. **Velásquez C, Vega J. 2012.** Calidad de la leche y mastitis subclínica en establos de la provincia de Huaura, Lima. *Rev Inv Vet Perú* 23: 65-71.
32. **Vieira RKR, Rodrigues M, Santos PKS, Medeiros NBC, Cândido EP, Nunes-Rodrigues MD. 2021.** The effects of implementing management practices on somatic cell count levels in bovine milk. *Animal* 15: 100177. doi: 10.1016/j.animal.2021.100177
33. **Watson R. 2011.** Estudio de prefactibilidad para crear una empresa productora de henolaje de broza de espárrago para la alimentación de ganado vacuno lechero en establos de Lima. Tesis de Ingeniero Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 112 p.