






Artículo original / Original article

Determinación de la calidad fisicoquímica e higiénico sanitaria de leche cruda considerando distintos sistemas de ordeño y tipos de alimentación

Determination of the physicochemical and hygienic-sanitary quality of raw milk considering different milking systems and types of feeding

Susana Cañar-Ramos¹ ; Yessenia García-Montes¹ ; Jhonnatan Aldas-Morejón² ; Karol Revilla-Escobar^{2,4*} ; Edgar Caicedo-Álvarez³ ; Jonathan Arguello-Cedeño⁴ 

¹Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnológicas, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador

²Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional del Cuyo, Argentina

³Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

⁴Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Esmeraldas, Ecuador

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la calidad fisicoquímica e higiénica sanitaria de leche cruda considerando distintos sistemas de ordeño y tipos de alimentación. En el estudio se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo bifactorial A*B; así el Factor A correspondió a los sistemas de ordeño y el Factor B a los tipos de alimentación obteniendo 4 tratamientos con 3 repeticiones. Los distintos sistemas de ordeño y tipos de alimentación influyeron significativamente en las características físico-químicas (pH, acidez titulable, sólidos totales, proteína, grasa, sólidos no grasos y crioscopía), además, se demostró que el pasto fermentado permite obtener una leche con mayor contenido de grasa. Por otro lado, la calidad higiénica sanitaria se ve mayormente influenciada por el método de ordeño (ordeño manual) y tipo de alimentación (pasto fermentado), sin embargo, los valores obtenidos se sitúan dentro de los límites permisibles, además, cabe mencionar que las muestras estuvieron libres de micotoxinas. De esta forma, se concluye que es indispensable aplicar buenas prácticas de ordeño con la finalidad de ejecutar los requerimientos mínimos para obtener una leche apta para el consumo humano y que satisfaga los criterios de calidad para la elaboración de derivados lácteos.

Palabras clave: calidad; higiénico sanitario; pasto fermentado; sistemas de ordeño

ABSTRACT

This research aimed to determine raw milk's physicochemical and hygienic-sanitary quality considering different milking systems and types of feeding. This study used a completely randomized block design (CSD) with a bifactorial A*B arrangement. Factor A corresponded to the milking systems and Factor B to the feeding types, obtaining 4 treatments with 3 replications. The different milking systems and types of feeding had a significant influence on the physicochemical characteristics (pH, titratable acidity, total solids, protein, fat, non-fat solids, and cryoscopy), and it was shown that fermented pasture allows obtaining milk with higher fat content. On the other hand, the hygienic-sanitary quality is mostly influenced by the milking method (manual milking) and type of feeding (fermented pasture), however, the values obtained are within the permissible limits, in addition, it is worth mentioning that the samples were free of mycotoxins. Thus, it is concluded that it is necessary to apply Good Milking Practices to comply with the minimum requirements to obtain milk suitable for human consumption, which complies with the quality parameters for the production of dairy products.

Keywords: quality; hygienic sanitary; fermented grass; milking systems

Cómo citar / Citation: Cañar-Ramos, S., García-Montes, Y., Aldas-Morejón, J., Revilla-Escobar, K., Caicedo-Álvarez, E. & Arguello-Cedeño, J. (2024). Determinación de la calidad fisicoquímica e higiénico sanitaria de leche cruda considerando distintos sistemas de ordeño y tipos de alimentación. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*. 3(1), e53. <https://doi.org/10.56926/repia.v3i1.53>

Editor: Dr. Fred William Chu Koo 

Recibido: 04/01/2024

Aceptado: 27/03/2024

Publicado: 20/04/2024

*Karol Revilla-Escobar - krevilla@pucese.edu.ec (autor de correspondencia)



©Los autores. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

1. INTRODUCCIÓN

La industrialización a nivel mundial exige productos seguros e inocuos de calidad para ser ingeridos por el ser humano, para ello en la cadena de producción se involucra procesos de higiene y sanitización que comienzan desde las fincas, con la finalidad de asegurar la materia prima en las mejores condiciones (Jurado-Gómez et al., 2020). Cabe mencionar que la leche de alta calidad tiene una buena composición nutricional, bajo conteo de microbios, se encuentra libre de patógenos y contaminantes físicos, siendo un requisito indispensable para producir productos de excelente calidad (Magán et al. 2021).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) en el 2022, Ecuador produjo un promedio de 6,15 millones de litros diarios de leche cruda, enfatizando que la industria lechera es una fuente de recursos para casi 1.2 millones de individuos, además, representa aproximadamente el 4 % del PIB del sector agroalimentario del país, con alto impacto mercantil y potencial de exportación (Kumar et al., 2018). La leche de calidad está relacionada con los requerimientos de la composición fisicoquímica, estos parámetros varían según la raza, edad, estado de salud, alimentación y condiciones ambientales, por otro lado, el índole microbiológico es relativo al contenido total de bacterias, los cuales influyen en la vida útil del producto terminado (Evanowski et al., 2023). Por ello, es necesario enfatizar que, alcanzar los niveles óptimos de calidad a fin de garantizar la inocuidad, que es un verdadero reto para los productores y comercializadores.

Las normativas tienen como finalidad respaldar los derechos de los consumidores, mejorar la calidad y competitividad en todas las fases de la cadena productiva (Chakraborty et al. 2021). En el reglamento de la Constitución del Ecuador del 2008, se detalla la política agropecuaria 2015-2025, en el cual se promueve el progreso rural y sostenible, erradicación del hambre y la desnutrición (Priyashantha et al., 2021). Además, como parte de las regulaciones de calidad el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en el 2013, evidencia un estatuto de pago por calidad de la leche, donde, las granjas reciben una tarifa por litro de calidad de leche, teniendo en cuenta indicadores como la composición y la calidad higiénica (Contero et al., 2021).

Sin embargo, en algunos sitios el precio es establecido por los intermediarios, debido a que el principal interés está relacionado con la cantidad total del líquido, sin considerar la calidad de la leche, calidad bacteriológica ni la materia seca (proteína y grasa) (FAO, 2024). Aunque existen controles de vigilancia e inocuidad de los alimentos, por parte de organismos gubernamentales, la problemática de calidad higiénica deficiente de la leche es evidente y radica en el consumo y comercialización procedente de animales tratados médicamente (Guevara-Freire et al., 2019).

Por tradición la producción lechera se mantiene en pastoreo al aire libre sin conocer la calidad nutricional del alimento y sin saber si afecta la producción, sin embargo por la mecanización progresiva se ha llegado a emplear sistemas de alimentación apoyados en dietas, volviendo el alimento crucial para complementar los requerimientos en semovientes, es decir que el uso de forrajes emplea elementos como la fracción fibrosa que proporciona mayor digestibilidad y por ende mayor productividad de materia prima (Morocho et al., 2023). El pasto fermentado comprende un proceso de picado verde, y posterior compactación para fermentación con esta percepción se asume

mayor salubridad y aumento de valor agregado al conocer el tipo de alimentación del animal (Rodríguez & Herrera, 2021).

Los productores minoristas de leche enfrentan dificultades para producir productos higiénicos, por motivos como la manipulación y el procesamiento informal no regularizado de los productos lácteos (FAO, 2024). Por ende, evaluar las condiciones de manipulación es primordial para determinar la calidad higiénica de la leche cruda de ganado vacuno, promoviendo, además, el desarrollo sostenible. Es por ello que, el objetivo de la vigente investigación fue determinar la calidad fisicoquímica e higiénica sanitaria de la leche cruda considerando distintos sistemas de ordeño y tipos de alimentación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Las muestras de leche se obtuvieron de ganado lechero Raza Brahman criadas en fincas experimentales ubicadas en el cantón Quevedo a una latitud - 1.02863 y longitud -79.46352 y cantón Mocache con Latitud: -1.18385, Longitud -79.5055 1° 11' 2" Sur, 79° 30' 20", localizados en la provincia de los Ríos, Ecuador. Los análisis fisicoquímicos e higiénicos sanitarios se realizaron en el laboratorio de Bromatología y Microbiología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ). Es necesario mencionar que las muestras de leche cruda se mantuvieron bajo condiciones de almacenamiento en recipientes de acero inoxidable a una temperatura de refrigeración de 4°C.

Diseño experimental

Se empleó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo bifactorial A*B, donde el Factor A corresponde a los sistemas de ordeño (manual y mecánico) y el Factor B es igual a tipos de alimentación (pasto natural y pasto fermentado) obteniendo 4 tratamientos con 3 repeticiones, dando un total de 12 unidades experimentales. Para determinar diferencia significativa entre la media de los tratamientos se aplicó una prueba de rangos múltiples Tukey ($p < 0,05$) mediante el software estadístico Statgraphics. La combinación de los tratamientos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1.

Combinación de los tratamientos aplicados para los sistemas de ordeño + tipos de alimentación

Tratamientos	Descripción
T1	Ordeño Manual + Alimentación pasto natural
T2	Ordeño Manual + Alimentación pasto fermentado
T3	Ordeño Mecánico + Alimentación pasto natural
T4	Ordeño Mecánico + Alimentación pasto fermentado

Calidad fisicoquímica

pH: Se determinó según lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 701:2009. Leche larga vida. Para el cual, se utilizó 50 ml de muestra, luego por medio de un potenciómetro se tomó la medición por lectura directa.

Acidez: Se obtuvo siguiendo la metodología establecida en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 13:2012. Leche. Determinación de la acidez titulable. Para ello, en un matraz Erlenmeyer se agregó 20 ml de leche cruda con 40 ml de agua destilada, seguido se adicionó 1 ml de fenolftaleína al 1 % y se tituló con hidróxido de sodio al 1 % realizando movimientos constantes, hasta que la muestra tome una coloración rosa pálido. Se tomó lectura del volumen de hidróxido de sodio consumido y aplicó la ecuación 1:

$$Acidez = \frac{(V * N * 0,090)}{M} * 100 \text{ Ecu 1}$$

Donde:

V= Volumen de la solución de NaOH usado en la titulación de la muestra en ml.

N= Normalidad de la solución de NaOH.

M= Volumen de la muestra en ml.

0,090 = Ácido predominante de la muestra (ácido láctico)

Sólidos totales: Se tomó como referencia la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 14:1983. Leche. Determinación de sólidos totales y cenizas. Donde, se empleó 25 ml de muestra en una cápsula y se evaporó mediante una estufa Memmert a 103°C por un periodo de 3 horas. Finalmente, mediante la ecuación 2 se obtuvo el resultado por la diferencia del peso total en seco menos el peso en húmedo. Se aplicó la siguiente ecuación:

$$ST = \frac{(m1 - m)}{(m2 - m)} * 100 \text{ Ecu 2}$$

Donde:

S= Contenido de sólidos totales, en porcentaje de masa.

m= Masa de la cápsula vacía (g)

m2= Masa de la cápsula con la leche antes de la desecación (g)

m1= Masa de la cápsula con los sólidos totales después de la desecación (g).

Proteína: Se realizó mediante el método de Kjeldahl, se pesó 5 ml de muestra y se colocó una temperatura de 20 °C agitando levemente, luego se transfirió la muestra a un matraz y se agregó 0,7 g de óxido de mercurio y 12 g de sulfato de potasio y se adicionó 25 cm³ de ácido sulfúrico y un pedazo pequeño de parafina para reducir la formación de espuma, posteriormente, se calentó durante 30 min y se dejó enfriar. Seguido, se agregó 200 cm³ de agua destilada, se añadió 25 cm³ de sulfuro alcalino y se agitó la mezcla, se destiló a 150 cm³ hasta que el amoniaco haya pasado a la solución ácida contenida en el matraz (Altamirano-González, 2022). Finalmente, se tituló usando solución de hidróxido de sodio al 0,1 N y se determinó siguiendo la ecuación 3:

$$P = \frac{(V1N1 - V2N2) - (V3N1 - V4N2)}{m} \text{ Ecu 3}$$

Donde:

P = Contenido de proteínas en la leche, en porcentaje de masa.

V1 = Volumen de la solución de ácido sulfúrico empleado para recoger el destilado de la muestra (cm³)

N1 = Normalidad de la solución de ácido sulfúrico.

V2 = Volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación (cm³)

N2 = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio

V3 = Volumen de la solución de ácido sulfúrico empleado para recoger el destilado (cm³)

V4 = Volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación (cm³)

m = Masa de la muestra de la leche (g).

Grasa: Se determinó mediante el Método de Gerber (volumétrico) establecido en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 12:2015. Leche. Determinación del contenido de grasa. Para ello, se utilizó 11 ml de leche y se colocó en un butirómetro formando un ángulo de 45°. Se adicionó 10 ml de ácido sulfúrico al 90 % y 1 ml de alcohol isoamílico, posteriormente, se centrifugó a 120 rpm durante 5 minutos. La lectura se tomó al coincidir un extremo de la columna de grasa con la unidad entera de la escala del butirómetro.

Sólidos no grasos: Se obtuvo conforme a lo mencionado en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 9:2012 leche cruda. Requisitos, que establece la metodología de diferencia del porcentaje (sólidos totales menos el porcentaje de grasa).

Crioscopía: Se calentó la muestra a 37 °C y se agregó 2 ml de leche dentro de la cubeta del crioscopio (advanced: modelo 4250), en un lapso de 2 min, se obtiene el resultado grados miliHorvet. Para convertir de grados Horvet (°H) a grados Celsius (°C) se utilizará las siguientes constantes: °C = °H x 0,9656 °H = °C x 1,0356 (Calderón-Vega, 2021).

Calidad higiénico sanitaria

Contaje de células somáticas: Se determinó según lo establecido por Rojas (2019) con ciertas modificaciones, para el cual se utilizó un equipo Fossomatic (Foss™ 7) que es un medidor de células somáticas, completamente automatizado de gran capacidad establecido en la técnica FOSS de Citometría de flujo, es decir se procedió al filtrado del recurso de leche mezclada con detergente (TritonX-100 EDTA) a través de una película de poros finos (Peña-Rojas, 2019).

Contaje total de bacterias: Se utilizó la técnica de citometría de flujo, por medio del equipo BactoScan™ FC+. Se calentaron las muestras a 40 °C y se utilizaron tres soluciones blanco, un control bacteriano y posteriormente se efectuó el análisis de cada muestra, los resultados se obtuvieron con ayuda del software Foss Integrator Workstation (Laminia-Cali, 2022).

Aflatoxinas: Se utilizó el kit Afla M, es un ensayo semicuantitativo que se basa en una tira reactiva establecida en un inmunoensayo enzimático. Se tomó en una micro pipeta 200 µl de leche cruda y se mezclaron en un recipiente hasta disolver con el reactivo. Se mezcló pipeteando 5 veces y se proyectó el incubador Heatsensor-DUO en la opción de AM1 y se incubó la muestra a 40 °C alrededor

de tres minutos, se insertó la tira reactiva al envase y se continuó con la incubación durante siete minutos. Se retiró la tira y se visualizó el resultado (Laminia-Cali, 2022).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad fisicoquímica

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos, determinando que existió diferencia significativa ($p < 0,05$) en las variables estudiadas.

En relación con el pH el mayor valor se obtuvo en el T4 con 6,71 mientras que, el menor se situó en T3 con 6,44. Esto demuestra que el sistema de ordeño mecánico y la alimentación con pasto fermentado, difiere significativamente en los valores de pH, sin embargo, existe similitud con los resultados obtenidos por Jin-Baek et al. (2023) quienes al utilizar diferentes forrajes, obtuvieron valores de pH de $6,2 \pm 0,2$ en el ganado alimentado con heno de alfalfa y $6,3 \pm 0,2$ en el ganado bovino con alimentación convencional. Por otro lado, se menciona el pH en leche fresca se sitúa entre 6,50 - 6,80; cabe mencionar que, un pH superior puede indicar la presencia de mastitis y un pH inferior a 6,5 indica una tendencia a la acidificación de la muestra (Aydogdu et al., 2023).

En cuanto a la acidez titulable los T2 y T4 con 0,14 % y 0,17 % respectivamente fueron estadísticamente superior a los tratamientos 1 y 3 (0,11 % y 0,10 %), demostrando que la inclusión de pasto fermentado influye en el contenido de acidez de la leche. En concordancia con Centeno-Pérez et al. (2020) en su investigación determinó que la leche producida en un sistema agroecológico con alimentación de pasto natural obtiene un valor inferior de 0,14% en comparación a leche cruda derivada de un sistema convencional mediante alimentación con forraje de maíz incrementó la acidez a 0,18 %. Asimismo, es importante destacar que países como Colombia, México y Perú mantienen sistemas agropecuarios similares a Ecuador que basan la alimentación para ganado en pastos naturales y registran valores de acidez en leche de 0,14 % y 0,18 % (Bustamante-Ordoñez et al., 2023).

Respecto a los sólidos totales la mayor incidencia se determinó en el T4 (13,24 %) en comparación al T1 (12,02 %) que fue un menor valor. Los resultados de sólidos totales son similares a la investigación donde se emplearon vacas tratadas con tipos de alimentación diferentes, donde para pasto natural obtuvieron 10,24 %; paja de arroz amonificada presentaron 13,73% y panca seca con 10,54% ST, de esta forma, se demuestra que el tipo de alimentación influye en la variación significativa del contenido de sólidos totales (Quinga-Cedeño, 2020). Además, la alimentación con forrajes provoca un aumento de sólidos totales en leche, viéndose reflejado en su mayor contenido tras el ordeño mecánico con 12,74 % de acuerdo al análisis de leche obtenida de la ganadería de doble propósito (Vallejo et al., 2018).

En relación al contenido de proteína el T1 (3,40 %) fue significativamente superior al T2 (2,98 %). Con esto se demuestra que la leche obtenida del ganado alimentado con pasto natural presenta mayor cantidad de proteína, a diferencia de la leche obtenida de los animales donde se incluyó la alimentación con pasto fermentado. Estos resultados guardan relación con Manzocchi et al. (2021) alimentar ganado con heno presentó mayor contenido de proteína de 3,40 % en comparación con

pasto procesado, que obtuvo 2,90 %. Por otro lado, se menciona que, existen razas de ganado (Jersey) que producen leche con mayor contenido de proteína, que a su vez está determinado por el tipo de alimentación tal como demostró este estudio donde encontraron valores que comprenden 3,0 % a 3,5 % de proteína en ganado alimentado por pastoreo (Vanegas, 2022).

En lo referente a grasa el mayor porcentaje se observó al emplear pasto fermentado en la alimentación del ganado, obteniendo que T4 (4,88 %) fue superior al T3 (4,09 %) donde se empleó la alimentación con pasto natural. En el comportamiento de la grasa comparativamente con la investigación se ha conseguido cotejar los resultados con el procedimiento experimental en el cual se analizó dos tipos de alimentación suministrada a vacas de raza criolla, el uno basado en pasto natural y otro en alimentación con pasto adicionando suplemento proteico (comercial Genera leche 1056-20), determinando que, el porcentaje de grasa varía entre 3,40 % y 3,90 % respectivamente, por ello se debe recalcar que la suplementación alimenticia tiene efecto en la composición química de la leche (Rosendo-Ponce et al., 2021). Sin embargo, se indica que la grasa de la leche tiene influencia en el rendimiento para procesamiento y está sujeta a variaciones entre razas, tipo de dieta y estado de lactancia en este estudio se demostró que la mayor cantidad de grasa se obtuvo en el ganado alimentado con pasto fermentado de promedio 3,70 % en contenido de grasa (Alvarado et al., 2019).

En lo que concierne a los sólidos no grasos el T1 (13,14 %) difiere significativamente del T4 (8,30 %) que situó el menor valor. Los sólidos no grasos (SNG) difieren en relación al estudio de leche cruda en granjas bovinas familiares, donde se obtuvo un contenido de sólidos no grasos en promedio de 7,96 % y el valor más alto de 8,72 %, aclarando que su nivel está relacionado con la cantidad de fibra en la dieta, es decir, a mayores niveles de fibra, mayor porcentaje de SNG (Vázquez, 2020). Los SNG en ganado de pastoreo se reportó un contenido entre 7,23 % a 8,38 % lo cual es inferior a los valores emanados en este estudio, además, se enfatiza que, los animales que sufren consecuencia de mastitis evidencian disminución porcentual de SNG (Lima-Rodríguez et al., 2022).

Referente al punto de congelación (Crioscopía) el T3 con $-0,55$ °C fue superior a los demás tratamientos que presentaron un valor de $-0,54$ °C. Los valores de crioscopía concuerdan con los datos obtenidos según la investigación donde se determina la calidad fisicoquímica de ganado bovino debe tener un punto de congelación de $-0,57$ haciendo notar que la adición de agua o valores cercanos a 0 °C alteran el punto de congelación (Cajamarca-Corte, 2022). Desde otro punto, en los tipos de ordeño manual o mecánico no influye el punto de congelación, pero, si puede presentar alteraciones en los periodos de ordeño como lo describe Schwarz et al. (2020), en su técnica de ordeño mecánico donde se observó que el periodo de ordeño por la mañana presentaba disminución en el punto de congelación.

Tabla 2.

Combinación de los tratamientos aplicados para los sistemas de ordeño + tipos de alimentación

Tratamientos	pH	Acidez titulable (%)	Sólidos totales (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Sólidos no grasos (%)	Crioscopía (°C)
T1	6,50 ^B	0,11 ^A	12,02 ^A	3,40 ^D	4,41 ^B	13,14 ^D	-0,54 ^A
T2	6,60 ^C	0,14 ^B	13,19 ^C	2,98 ^A	4,76 ^C	8,78 ^B	-0,54 ^A
T3	6,44 ^A	0,10 ^A	12,13 ^B	3,18 ^C	4,09 ^A	12,02 ^C	-0,55 ^B
T4	6,71 ^D	0,17 ^B	13,24 ^D	3,03 ^B	4,88 ^D	8,30 ^A	-0,54 ^A
Norma NTE INEN 9:2012	----	Min 0,13 Max 0,17	Min 11,2	Min 2,2	Min 3	Min 8,2	Min -0,536 Max -0,512

Nota: Letras iguales indican que no existió diferencias significativas ($p < 0,05$) con la prueba Tukey, nivel de confianza 95%

Calidad higiénico sanitaria

En la Tabla 3 se observan las deducciones obtenidas del análisis higiénico sanitaria y se determina que existió diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las mediciones de células somáticas y contaje total de bacterias.

En relación al contenido de células somáticas para los tratamientos evaluados, se observó que el T4 (1.138,00) presentó mayor contenido que el T1 (497,00) que obtuvo la menor presencia. De acuerdo al estudio de una propuesta de sistema de ordeño se obtuvieron valores de 121 a 1500 e³/cm³, lo que indica el buen estado del animal y la condición de sanidad de la glándula mamaria (Jaramillo, 2022). Por otra parte, en leche de ganado de doble propósito alimentado con forraje el recuento de células somáticas es regularmente menor con (231.000 células/ml), a diferencia de leche orgánica que obtuvo un valor de (330.000 células/ml), por ello es necesario enfatizar que en 1 ml de leche cruda un valor mayor a 400.000 células podría indicar inflamación de la glándula mamaria (Brodziak et al., 2021).

En cuanto al contaje total de bacterias se demostró que la mayor presencia se situó en el T2 con 2946 mientras que, el menor contaje se obtuvo en el T4 con 140. Estos resultados se encuentran en concordancia con lo reportado por De la Cruz et al. (2018), quienes testifican como derivación del contaje total de bacterias <600.000/ml, demostrando que un conteo bacteriano elevado es producto de ordeño manual en condiciones antihigiénicas. A su vez, se explica que mediante el experimento de TRAM (tiempo de reducción del azul de metileno), realizado en leche cruda determina que el número de bacterias totales ha oscilado en un rango de 100.000 y 200.000 UFC/ml puede considerarse buena calidad microbiológica (Millána et al., 2018).

En relación al contenido de aflatoxinas en lácteos se expuso que no existe presencia de esta micotoxina en los tratamientos evaluados, lo cual coincide con la investigación de Huaracha (2021), donde se ha determinado que el límite recomendado de aflatoxinas es <1 x 10⁴ UFC/g, resaltando que la aparición de la misma es atribuida al almacenamiento prolongado de ensilajes; así como también, existe relación con el estudio de vacas con tres sistemas de alimentación, una de alimentación con ración completa, pastoreo y pastoreo más suplementación, en estos se analizaron

las muestras y se detectó concentraciones de aflatoxinas $<0,01$ aclarando que, si existen niveles aceptables para leche hasta $(0,05 \mu\text{g/l})$ en algunos países (Núñez-Poblete, 2018).

Tabla 3.

*Caracterización higiénica y sanitaria del método de ordeño vs tipo de alimentación (A*B)*

Tratamientos	Contaje de células somáticas (x1000ml)	Contaje total de bacterias (x1000ml)	Aflatoxinas
T1	475,00 ^A	2505 ^C	0,00
T2	1.119,00 ^C	2946 ^D	0,00
T3	497,00 ^B	445 ^B	0,00
T4	1.138,00 ^D	140 ^A	0,00
Norma NTE INEN 9:2012	Max 700.000	Max 700.000	$<0,05$

Nota: Letras iguales indican que no existió diferencias significativas ($p < 0,05$) con la prueba Tukey, nivel de confianza 95%

CONCLUSIONES

Los distintos sistemas de ordeño y tipos de alimentación son factores que influyen significativamente en la caracterización físico-química de la leche, demostrando que el tipo de ordeño mecánico más alimentación pasto fermentado incide en el pH, acidez, sólidos totales y grasa. Por otro lado, la calidad higiénica sanitaria (CCS y CBT) se ve mayormente influenciada por el método de ordeño (ordeño manual) y tipo de alimentación (pasto fermentado), además, los valores adquiridos acertaron con los límites permisibles establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9:2012; así como también, la no presencia de aflatoxina (micotoxina). Es por ello, que se concluye que es indispensable emplear Buenas Prácticas de Ordeño (BPO) con la finalidad de cumplir con las exigencias mínimas para producir leche apta para el consumo humano y que cumpla con los criterios de calidad para la elaboración de derivados lácteos.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo esta investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe ningún tipo de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Cañar-Ramos, S., García-Montes, Y., Aldas-Morejón, J.

Curación de datos: Revilla-Escobar, K.

Análisis formal: Caicedo-Álvarez, E.

Redacción – borrador original: Arguello-Cedeño, J.

Redacción – revisión y edición: Arguello-Cedeño, J., Revilla-Escobar, K.

- Jurado-Gámez, H. A., Solarte-Padilla, C., Burgos-Arcos, A., González-Rodríguez, A., & Rosero-Galindo, C. (2020). Relación entre la calidad composicional y sanitaria de la leche de bovinos Holstein del trópico alto de Nariño. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(2), 1-14. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i2.5118>
- Kumar, D., Rai, D., Porwal, P., & Kumar, S. (2018). Compositional quality of milk and its contaminants on physical and chemical concern: a review. International. *Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(5), 1125-1132. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.705.137>
- Laminia-Cali, E. T. (2022). *Evaluación de la inocuidad de la leche cruda en centros de acopio e industrias lácteas de la provincia de Chimborazo*. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/33887>
- Lima-Rodríguez, C., Jurado-Gámez, H., & Pazos-Moncayo, Á. (2022). Evaluation of the compositional, sanitary and microbiological quality of milk in the municipality of Sapuyes, department of Nariño, in the year 2021. *Salud UIS*, 54. <https://doi.org/10.18273/saluduis.54.e:22049>
- Magán, J., O'Callaghan, T., Alan, K., & McCarth, N. (2021). Compositional and functional properties of milk and dairy products derived from cows fed pasture or concentrate-based diets. *Compr Rev Food Sci*, 20, 2769 - 2800. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12751>
- Manzocchi, E., Martin, B., Bord, C., Verdier-Metz, I., Bouchon, M., De Marchi, M., . . . Coppa, M. (2021). Feeding cows with hay, silage, or fresh herbage on pasture or indoors affects sensory properties and chemical composition of milk and cheese. *Journal of Dairy Science*, 104(5), 5285-5302. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19738>
- Millána, Y., Méndezb, A., Burguerab, M., Pimentelb, P., Araquea, M., & Ramírez, A. (2018). Determinación de enterobacterias y detección de genes de virulencia en Escherichia coli aislada en leche cruda. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 38, 58-63. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_vm/article/view/16260
- Morocho, G., Toalombo, P., Guevara, H., & Jiménez, S. (2023). *Evaluación del potencial forrajero y composición nutricional del pasto híbrido Cuba OM-22 (Pennisetum purpureum Schumach x Pennisetum glaucum L.) a tres edades de corte [Tesis de pregrado]* (Vol. 72). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.espe.edu.ec/handle/123456789/14233>
- Nuñez-Poblete, C. A. (2018). *Determinación de Aflatoxina M1 en Lecherías de La Región Metropolitana y de Valparaíso de Chile [Tesis de posgrado]*. Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168623>
- Peña-Rojas, F. E. (2019). *Diseño de un manual de buenas practicas de manufactura para centros de acopio de leche cruda [Tesis de pregrado]*. Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utm.edu.ec/handle/123456789/9775>
- Priyashantha, H., Lund, Å., Höjer, A., Bernes, G., Nilsson, D., Hetta, M., & Johansson, M. (2021). Composition and properties of bovine milk: A study from dairy farms in northern Sweden;

Part II. Effect of monthly variation. *Journal of Dairy Science*, 104(8), 8595-8609.

<https://doi.org/10.3168/jds.2020-19651>

Quinga-Cedeño, E. M. (2020). *Valoración química de leche en bovinos suplementados con panca de arroz amonificada con urea en la finca la Delia del Cantón Baba, los Ríos [Tesis de pregrado]*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8508?show=full>

Rodríguez, M., & Herrera, V. (2021). Análisis comparativo de métodos de conservación de forraje y su impacto en la producción de leche bovina en el trópico alto. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 7(1), 27-49. <https://doi.org/10.36436/24223484.401>

Rosendo-Ponce, A., Sánchez-Gómez, A., Ríos-Ortiz, Á., Torres-Hernández, G., & Becerril-Pérez, C. M. (2021). Rendimiento y composición química de la leche de vacas criollas lechero tropical en pastoreo y suplementación. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1).

https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1515

Schwarz, T., Scheeres, N., Małopolska, M. M., Murawski, M., D. Agustin, T., Ahmadi, B., . . . Bartlewski, P. M. (2020). Associations between Mammary Gland Echotexture and Milk Composition in Cows. *Animales*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/ani10112005>

Vallejo, T. C., Dias, O. R., Morales, R. w., Godoy, E. V., Calderon, V. N., & Cegido, C. J. (2018). Calidad físico-química e higiénico sanitaria de la leche en sistemas de producción doble proposito, Manabí-Ecuador. *Revista de Investigación Talentos*, 51(1), 35-44.

<https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/28>

Vanegas, E. P. (2022). *Sistema de producción, composición de la leche y sanidad de la ubre en vacas de la raza criolla, chino Santandereano [Tesis de posgrado]*. Universidad de la Salle.

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1022&context=maest_agrociencias

Vázquez, Y. G. (2020). *Calidad nutricional y sanitaria de leche cruda, en granjas bovinas familiares de la microrregión texcoco [Tesis de posgrado]*. Colegio de Posgraduados.

http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/4344/1/Hernandez_Vazquez_YG_MC_RGP_Ganaderia_2020.pdf