

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA, HIGIÉNICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE EN UN CENTRO DE ACOPIO EN BOYACÁ – COLOMBIA

Evaluation of the physicochemical, hygienic and microbiological quality of milk in a collection center in Boyacá – Colombia

Olga Lucia Torres-Neira^{1*}, Yesid Orlando González-Torres², Claudia Constanza Pérez- Rubiano³, Martha Isabel Martínez-Martínez⁴, Yurley Daniela Nausa-Patiño y ⁵José Manuel Mora-Parada⁶

Docente Asociada. Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Teléfono 3186900890. Correo electrónico: otorres@jdc.edu.co. Docente Titular. Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Docente Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia. Docente asistente. Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Médico Veterinario. Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Docente asistente. Fundación Universitaria Juan de Castellanos.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad fisicoquímica, higiénica y microbiológica en leches de un centro de acopio de Vetaquemada – Boyacá – Colombia, mediante un estudio descriptivo de corte transversal, se tomaron 42 muestras de leche cruda procedentes de 14 tanques de acopio (3 muestras por tanque). Se determinaron parámetros fisicoquímicos: proteína, grasa, lactosa, sólidos no grasos y totales; higiénicos: recuento de células somáticas (RCS) y microbiológicos: recuento de bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales (CT) y fecales (CF). Se obtuvo proteína $\geq 2,9\%$, grasa $\geq 3,97\%$, lactosa $\geq 4,47\%$, sólidos totales $\geq 11,30$ SNG $\geq 7,50$. Para el RCS, el 90,9% de los tanques evaluados presentaron valores < 400.000 células (cel)/ mililitro (mL), de los cuales el 42,42% < 200.000 cel/mL y el 48,49% entre 200.001 a 400.000 cel/mL, el 9,09% restante corresponde a valores superiores 400.000 cel/mL. El recuento de bacterias mesófilas aerobias estuvo en un rango de 17×10^3 y 16×10^6 Unidades Formadoras de Colonia (UFC) con una media global de 22×10^5 UFC/mL, donde el 60% de las muestras cumplieron con los límites microbiológicos establecidos en la resolución 000017 (2012), reportando recuentos bacterianos por debajo del valor máximo permitido para la Región 1, considerándose aceptables para consumo humano, el restante (40%) se encontraron fuera del límite microbiológico para bacterias aerobias mesófilas ($> 20 \times 10^4$ UFC/mL). Los valores de CT hallados oscilaron entre 120 y > 2400 (Número más probable) NMP mL⁻¹ y CF < 3 y 120 NMP mL⁻¹, donde el 40% de las muestras fueron superiores a > 3 NMP/mL. Los resultados demostraron que, para asegurar la calidad composicional e higiénica de la leche es necesario cumplir a cabalidad las normas establecidas para prácticas de ordeño, transporte y almacenamiento de la leche durante toda la cadena de producción.

Palabras clave: Calidad de leche; calidad microbiológica; células somáticas; UFC

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the physicochemical, hygienic and microbiological quality in milks of a collection center of Vetaquemada - Boyacá - Colombia, through a descriptive cross-sectional study, taking 42 samples of raw milk from 14 collection tanks (3 samples per tank). Physicochemical parameters were determined: protein, fat, lactose, non-fatty and total solids; Hygienic: somatic cell count (RCS) and microbiological: aerobic mesophilic bacteria count, total (TC) and fecal coliforms (FC). Protein $\geq 2.9\%$, fat $\geq 3.97\%$, lactose $\geq 4.47\%$, total solids (TS) ≥ 11.30 Solids-non-fat (SNF) ≥ 7.50 were obtained. In the RCS, 90.9% of the tanks evaluated determined values < 400.000 somatic cells (SC)/mL of which 42.42% $< 200,000$ SC/ (milliliter) mL and 48.49% between 200.001 to 400,000 SC/mL, 9.09% remaining 0.9% corresponds to values greater than 400.000 SC/mL. The aerobic mesophilic bacteria (CFU) count was in a range of 17×10^3 and 16×10^6 CFU / mL with a global average of 22×10^5 CFU / mL, where 60% of the samples met the microbiological limits established in resolution 000017 (2012), reporting bacterial counts below the maximum value allowed for Region 1, considering acceptable for human consumption, the remaining (40%) were outside the microbiological limit for aerobic mesophilic bacteria ($> 20 \times 10^4$ CFU / mL). Total coliform values found ranged between 120 and > 2400 most probable number (NMP) mL⁻¹ and FC < 3 and 120 NMP mL⁻¹, where 40% of the samples were greater than > 3 NMP / mL. The results showed that, in order to guarantee the compositional and hygienic quality of milk it is necessary to fully comply with the standards established for milking, transport and storage of milk practices throughout the entire production chain.

Key word: Milk quality; microbiological quality; smatic cells;UFC

INTRODUCCIÓN

La leche es considerada uno de los alimentos más importantes en la dieta de las personas; debido a su alto valor nutricional ha sido definida como el alimento casi perfecto [15], principalmente por su concentración proteica, la cual varía en las diferentes especies domésticas, pero de forma general se encuentra entre el 3 - 4% [2], siendo en los bovinos (*Bos taurus*) de leche la media alrededor del 3,5%. Estas proteínas se dividen en dos grandes grupos: las séricas, que constituyen un 20% del total de proteínas (PT) y las caseínas, que corresponden al 80% [1]. Además, contiene aminoácidos esenciales, hidratos de carbono (fundamentalmente en forma de lactosa), grasas, vitaminas liposolubles, vitaminas del complejo B (riboflavina y tiamina), minerales, especialmente calcio y fósforo; nutrientes indispensables para desarrollo del ser humano y para la prevención en determinadas patologías [12].

Sin embargo, para que la leche cumpla con esas expectativas nutricionales debe reunir una serie de requisitos que definen su calidad: su composición fisicoquímica, cualidades organolépticas y número de microorganismos presentes [14]. Requisitos que están influenciados por diversos factores como: raza, características individuales del animal, estado de lactación, manejo, clima, composición de los alimentos que consume [33]. Para la industria láctea son considerados los principales factores de riesgos, la inadecuada conservación y almacenamiento, las fallas en la cadena de frío y la manipulación con escasa higiene personal [19], características que indican que, para obtener una leche de calidad es necesario aplicar buenas prácticas sanitarias a lo largo de todas las etapas del proceso productivo, como son la alimentación balanceada, protocolos de ordeño, enfriamiento y almacenamiento de la leche en lugares adecuados y el posterior transporte a las plantas procesadoras en el menor tiempo posible, debido al corto período de caducidad del producto [23]. Debido a lo anterior se puede establecer que la leche corre el riesgo de ser contaminada durante las siguientes etapas de la cadena alimentaria: producción, almacenamiento, distribución, comercialización y consumo, constituyéndose un problema para la salud pública [13].

Es por esto que, a nivel mundial se ha establecido un marco regulatorio para la producción, procesamiento y comercialización

de leche cruda, con el fin mantener la calidad composicional, higiénica, sanitaria y microbiológica de la leche en toda la cadena y minimizar riesgos para la salud pública. La TABLA I presenta los estándares de calidad higiénica y sanitaria para leche cruda de diferentes países del mundo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad fisicoquímica, higiénica y microbiológica en leches de un centro de acopio de Vetaquemada – Boyacá, de acuerdo con las normas existentes para la calidad de la leche en Colombia. Para cumplir este propósito se determinó la composición fisicoquímica en cuanto al contenido (%) de grasa, proteína, caseína, lactosa, sólidos no grasos (SNG) y sólidos totales (ST), pH y densidad gramos (g)/mililitros (mL). También, se cuantificó el recuento de células somáticas (RCS) como indicador de la calidad higiénica de la leche y se evaluó la calidad microbiológica por medio de la determinación de bacterias aerobias mesófilas (AMT), coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF).

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y transporte de las muestras

El estudio de tipo cualitativo descriptivo se realizó en un centro de acopio de leche bovina ubicado en el municipio de Ventaquemada, perteneciente a la zona centro del departamento de Boyacá, el cual cuenta con 14 tanques de almacenamiento, de los cuales se muestreó el 100%. Para la recolección de las muestras se utilizaron los protocolos establecidos en la Organización Internacional de Normalización (ISO) 707 y la Federación Internacional de Lechería (IDF) 50, se tomaron 300 mililitros (mL) de leche directamente de cada tanque, los cuales se colocaron en frascos estériles, posteriormente se sellaron y marcaron. Una vez concluido este proceso se procedió a guardar y transportar en una nevera portátil (Rubbermaid coolers, 5Qt, Rubbermaid Commercial Products, Estados Unidos de América -EUA-) garantizando una temperatura menor o igual a 4°C. Las muestras fueron enviadas al laboratorio de la Universidad Juan de Castellanos para ser analizadas por triplicado con el fin de identificar la calidad composicional, higiénica y microbiológica. A la vez se aplicó una encuesta para caracterizar los sistemas lecheros en temas relacionados con las prácticas ganaderas que se realizan en la zona.

TABLA I

COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DE LA LECHE DE VACA DEL CENTRO DE ACOPIO DEL MUNICIPIO DE VENTAQUEMADA

Variables	Media ± Error	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
pH	7,08 ± 0,015	6,84	7,28	0,089
Temperatura	21,39 ± 0,458	17,00	24,50	2,636
Grasa (%)	3,99± 0,092	3,00	4,91	0,533
Densidad (g/ml)	1,025±0,133	1,024	1,027	0,764
Lactosa (%)	4,65±0,038	4,23	4,95	0,219
SNG (%)	7,75 ± 0,056	7,25	8,21	0,324
Proteína (%)	2,82±0,024	2,60	3,01	0,140
Sales (%)	0,64±0,003	0,61	0,68	0,022

SNG:Sólidos no grasos

Diseño experimental

Para el análisis composicional de las muestras se utilizó un analizador de leche ultrasónico (Lactoscan, Modelo SPL, Milkotronic Ltd, Bulgaria) previamente calibrado con patrones de leche estandarizados, para lograr determinar en campo contenidos de proteína, grasa, lactosa, sólidos no grasos (SNG), sales y sólidos totales (ST); como indicador del grado de sanidad de la glándula mamaria de las vacas de donde proviene la leche, se realizó el RCS mediante el contador electrónico Milk Somatic Cell Counter (Ekomilk Scan, ES, Bulteh, Bulgaria) y utilizando 30 mL de leche y 3,5 gramos (g) del reactivo (Ekoprim) X 100 mL.

La evaluación microbiológica se realizó con base a lo establecido por el Instituto Nacional de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) mediante el recuento de microorganismos mesófilos aerobios, se utilizó la técnica de recuento en placa por profundidad, sembrando por duplicado 1mL de cada una de las diluciones de la muestra (10^{-1} a 10^{-6}) y agregando una capa sellante de agar plate count y homogenizándola manualmente, incubándose (Incubadora Microbiológica Compacta, Heratherm, Fisher Scientific, España) a 35°C de 24-48 horas (h). Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonia (UFC) /mL [22,25]. Para el análisis de coliformes totales (CT) y fecales (CF), se empleó la técnica de tubos de fermentación múltiple, que se basa en la fermentación de la lactosa a 35°C +/- 2 °C por 48h para CT y a 44,5°C +/- 0,2°C en baño serológico para CF durante 24 a 48h, resultando en la producción de ácido y gas, el cual se evidencia en las campanas de Durham, (ABC 5mm ABC laboratorios Colombia) y la producción de indol mediante el uso de reactivo de Kovacs en el caldo triptófano. Los resultados se reportaron según el método Número más probable NMP/mL [6].

Cálculos y análisis estadístico

Se determinó el valor medio, máximo, mínimo y desviación estándar de los parámetros de composición, pH y densidad de la leche en estudio, mediante análisis de la varianza. Se realizó análisis de correlación de Pearson entre: grasa, proteína y ST (componentes que mayor influencia tienen en el rendimiento) y pH. Para determinar el RCS se realizó un histograma de frecuencias (0-200.000 células (cel)/ mililitros (mL), 200.001 a 400.000 cel/mL y > a 400.001) y se halló el valor medio, máximo, mínimo y desviación estándar del recuento de microorganismos. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS 19 (IBM, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de la calidad composicional de la leche

En la TABLA I se muestran los resultados obtenidos de la calidad composicional de la leche cruda del centro de acopio de Ventaquemada, se encontró que la proteína, grasa, ST de la leche cruda evaluada, cumple con los parámetros establecidos por el Decreto 616 de 2006 [9]. El promedio de proteína total de la leche cruda refrigerada correspondió al 2,9%, con un valor máximo de 3,01% y mínimo de 2,6%, valores que demuestran que la leche cumple con los requisitos de las Normas Colombianas (TABLA II) y a pesar de que la leche proviene de diferentes ganaderías del municipio de Ventaquemada, el coeficiente de variación puede

estar determinado por las diferentes prácticas de manejo y por la influencia de variantes genéticas [33].

El contenido de grasa de las muestras de leche fue de 3,99%, encontrando como valor mínimo 3,0% y como valor máximo 4,9%, con una desviación estándar de 0,53, valores que están entre los parámetros productivos de las razas bovinas de la zona, principalmente Holstein y Normando; sin embargo, estos valores pueden tener variaciones, debido principalmente a los sistemas de producción, temporada del año (clima) y al estado fisiológico de los animales [11], pudiendo existir tendencias hacia el aumento del contenido de grasa durante el ordeño [16], por la agrupación de los glóbulos grasos como consecuencia de la filtración parcial de los cúmulos de glóbulos a medida que la leche fluye de las glándulas [13]; dado que la leche extraída al comienzo del ordeño, corresponde a la leche cisternal y tiene menos contenido graso que la leche extraída al final de ordeño, la cual proveniente del alvéolo por estímulo de la oxitocina [19], por esto se reitera la importancia de estandarizar, tanto el intervalo como el tiempo de ordeño en las granjas que proveen la leche al centro de acopio. Otro factor a considerar es el sistema de alimentación, principalmente la cantidad de fibra suministrada que determina la cantidad de grasa, debido a la proporción de ácidos grasos volátiles producidos en el rumen, así mismo el uso de alcalinizantes (bicarbonato de sodio u óxido de magnesio), puede prevenir la caída del porcentaje de grasa en la leche de las vacas que reciben dietas con elevada cantidad de concentrado.

La media de pH se mantuvo en un rango de 6,86 a 7,08, considerado un poco alto, ya que para este producto no debe superar esta acidez está determinada por la concentración de ácido láctico debido a la fermentación de los azúcares de la leche, relacionándose con la calidad microbiológica del producto. La lactosa se mantuvo en rangos de 4,23 a 4,95 con una desviación estándar de 0,22 y un error de 0,038 con relación a la media, los sólidos no grasos (SNG) obtuvieron una media de 7,75 y las sales 0,64, estas sales minerales de la leche están principalmente constituidas por fosfatos, sulfatos y cloruros.

Mientras que la densidad está directamente relacionada con la cantidad de grasa, SNG y agua que contiene la leche. En este estudio los resultados de densidad (1,025 g/mL) se encuentran por debajo del límite establecido, por ello es indispensable que

TABLA II

REQUISITOS FISCOQUÍMICOS QUE DEBE CUMPLIR LA LECHE CRUDA BOVINA

Parámetro/Unidad	Leche cruda
Grasa % mínimo	3,00
Extracto seco total % mínimo	11,30
Extracto seco desengrasado %	8,30
Densidad 15/15° C g/mL	1,030 – 1,033
Índice lactómetro	8,40
Acidez expresado como ácido láctico % m/v	0,13 – 10,7

Fuente: Decreto 616 de 2006

TABLA III
CORRELACIÓN DE PEARSON ENTRE PROTEÍNA, GRASA, LACTOSA, SNG,
DENSIDAD Y EL RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS

	Proteína (%)	Lactosa (%)	Grasa (%)	SNG (%)	Densidad (g/ml)	RCS (Cel/ml)
SNG (%)	,849**	-,430*	,176	1	,434*	-,314
RCS (Cel/ml)	-,026	,266	-,353*	-,314	,105	1
Grasa (%)	-,113	,261	1	,176	-,492**	-,353*
Densidad (g/ml)	,362*	-,079	-,492**	,434*	1	,105
Lactosa (%)	-,433*	1	,261	-,430*	-,079	,266
Proteína (%)	1	-,433*	-,113	,849**	,362*	-,026

RCS: Recuento de células somáticas, SNG: Sólidos no grasos. * La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral). **. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

el fluido lácteo se haya mantenido desde el momento del ordeño hasta la entrega en una cadena de frío, dónde la temperatura promedio es de 4 °C, dado que cambios en estas condiciones favorecen el desaceleramiento de las reacciones fisicoquímicas de deterioro en la leche, principalmente si la reducción del tamaño de las micelas de caseína, o quizá su aumento, y la desnaturalización de la proteína del suero, son capaces de producir esa variación de la densidad a temperatura superiores de 20°C, a la vez que desfavorecen a crecimientos microbianos y disminuye el tiempo de conservación hasta el momento de su pasteurización.

Los resultados hallados determinan que el 100% de las muestras analizadas superaron los rangos de ST establecidos por el Decreto 616 (11,3%) [9]. Datos que confirman que el municipio de Ventaquemada busca ser posesionado como productor de leche de calidad composicional en el departamento de Boyacá.

Resultados de la calidad higiénica de la leche

Los indicadores de mayor precisión para la evaluar la calidad higiénica de la leche se basan en el RCS y en las UFC. Las CS son principalmente células defensivas o leucocitos y en menor cantidad, células de descamación del epitelio glandular que se vuelcan en la leche producto del funcionamiento normal de la glándula mamaria, por ello en la Unión Europea se estableció un

valor límite de 400,000 cel/mL, cuando los valores son >300,000 cel/mL se está pasando por un proceso de mastitis y si son menores que 200,000 cel/mL hay una alta probabilidad de que las vacas no presenten alteraciones fisiológicas de la glándula mamaria y la leche que producen es de mayor calidad que en los casos de RCS con conteos superiores.

En este estudio, los valores de RCS obtenidos de los 14 tanques enfriamiento del Centro de Acopio de Ventaquemada (FIG.1) se clasificaron en 3 rangos: RCS <200.000cel/mL, (fisiológicamente normal); RCS 200.001 a 400.000 (límite máximo según las normas internacionales); > 400,00 cel/mL y según esto, 90,9 % los tanques tuvieron valores inferiores <400.000 cel/mL(RCS 42,42% <200.000 cel/mL y RCS 48,49% de 200.001 a 400.000); el 9,09% restante corresponde a valores superiores 400,00 cel/mL, lo que indica una prevalencia de mastitis, menor valor comercial de la leche o según las exigencias del mercado causaría rechazo de la leche para su venta [32], ya que para Colombia este recuento es considerado una herramienta para monitorear la prevalencia de mastitis en vacas lecheras y un indicador de la calidad higiénica de la leche, razón por la cual los métodos de RCS se han intensificado cada vez más en las lecherías especializadas y no especializadas.

Estas variaciones en el RCS están sujetas a diversas variables y no al número de vacas o volumen de leche producida en el hato [24], cabe destacar que en Boyacá cerca del 30% de las producciones lecheras son especializadas y utilizan el sistema de ordeño mecánico, y el restante (70%) corresponde a los sistemas no especializados, con inventarios menores a 50 animales y el ordeño en su mayoría se realiza en forma manual, factor que puede favorecer el aumento en este recuento.

Aunado a ello, estudios experimentales muestran que las presencias de un alto número de células somáticas en la leche se asocian con la alteración en sus características químicas que afectan los productos elaborados, afectando negativamente, tanto los procesos de elaboración como el valor comercial del producto, es por esto que, en el estudio se aplicó la correlación de Pearson entre la composición fisicoquímica de la leche y el recuento de células somáticas. (TABLA III).

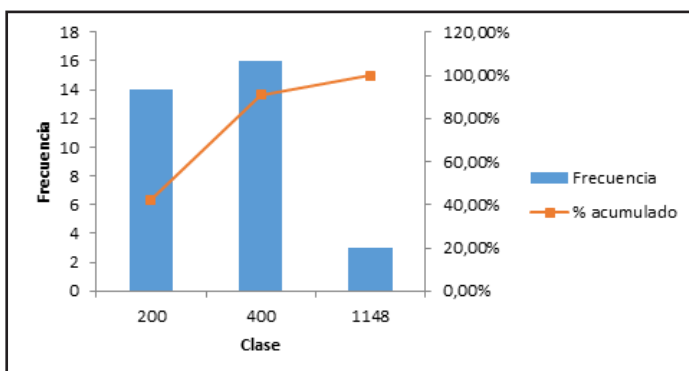


FIGURA 1. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DEL RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE LAS MUESTRAS DE LECHE ANALIZADAS

TABLA IV
RECuento DE MESÓFILOS AEROBIOS, COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES FECALES

TANQUE	Mesófilas Aerobios UFC/ml	Coliformes Totales (NMP/mL)	Coliformes Fecales (NMP/mL)
1	75x10 ⁴	480	<3
2	17x10 ³	1100	<3
3	21x10 ³	150	150
4	11x10 ⁵	1100	<3
5	38x10 ³	480	7
6	>16x10 ⁶	>2400	<3
7	34x10 ³	23	<3
8	29x10 ³	150	9
9	34x10 ³	240	<3
10	54x10 ⁵	>2400	4
11	30x10 ⁵	>2400	4
12	56x10 ⁵	240	<3
13	31x10 ³	450	<3
14	25x10 ⁵	300	<3

UFC: Unidades formadoras de colonia, NMP: Numero más probable

Recuento de bacterias mesófilas aerobias

En este grupo de bacterias mesófilas aerobias se encuentran las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a una temperatura entre 15 y 45°C con un óptimo de 35°C. Mediante su recuento se estima la microflora sin indicar tipos de microorganismos, es considerado como un indicador de la vida útil del producto alimenticio. Además, muestra la calidad sanitaria, las condiciones de manipulación y condiciones higiénicas de materias primas [6]. En la TABLA IV se puede observar que el recuento de bacterias mesófilas aerobias estuvo entre 17 x 10³ y 16 x 10⁶ UFC/mL con una media global de 22 x 10⁵ UFC/mL.

Se aprecia que con respecto al grado de aceptabilidad de las muestras de leche analizadas, en cuanto al recuento de bacterias aerobias mesófilas con relación al valor límite de referencia establecido en el decreto 1880 de 2011 [10], corresponde a 7 x 10⁵ UFC/mL; se puede evidenciar que 60% de las muestras cumplieron con los límites microbiológicos establecidos en la norma, es decir, reportaron recuentos bacterianos por debajo del valor máximo permitido, considerándose aceptables o aptas para consumo humano, el restante (40%) se encontraron fuera del límite microbiológico para bacterias aerobias mesófilas (>20 x 10⁴ UFC/mL); este resultado no es un indicador de la presencia de microorganismos patógenos, sino contaminación de la materia prima e incorrecta manipulación, debido posiblemente a la falta de agua potable y empleo de detergentes y desinfectantes necesarios para el lavado de utensilios y equipos, permitiendo el incremento de la carga bacteriana [29], así como también las deficientes condiciones higiénicas de los establos, los sitios de

ordeño y las temperaturas inadecuadas de almacenamiento y de transporte, que junto con las temperaturas ambientales favorecen el incremento bacteriano en la leche [3, 31].

En zonas frías, las bajas temperaturas ambientales retrasan la tasa de crecimiento bacteriano y en el caso de las leches conservadas dentro de cisternas en pozos de agua fría, ésta puede alcanzar una temperatura de 15°C; temperatura que puede permitir el crecimiento bacteriano, hasta 15 veces en 12 h; a diferencia de temperaturas de conservación de la leche (4 a 7°C), donde el crecimiento es mínimo [4]. Por esto, se debe reducir el tiempo de exposición a factores medioambientales como: alta temperatura, humedad, polvo, entre otros contaminantes [30], ya que la alta concentración de microorganismos disminuye la vida útil del producto, afecta la calidad organoléptica y nutricional pues favorece la fermentación ácido láctica y en la coagulación enzimática, estimulando el deterioro o proteólisis de las caseínas [7].

Coliformes totales y fecales

Los valores de CT hallados en las muestras de leche analizadas, oscilaron entre 120 y >2400 NMP mL⁻¹, estos CT se caracterizan por ser bacilos Gram negativos que tienen la capacidad de fermentar la lactosa a 35°C +/- 0,2°C, por 48h, generado ácido y gas, sin endosporas, aerobios o anaerobios facultativos, oxidasa negativa, catalasa positiva, con flagelos peritricos en su mayoría, presentan actividad enzimática de la B-galactosidasa [6]. Estos se consideran indicadores de contaminación en agua y alimentos y son habitantes comunes en el intestino de animales y humanos

de sangre caliente y se encuentran distribuidos en suelo, semillas y vegetales. Entre las bacterias que se encuentran en este grupo se pueden citar: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* y *Citrobacter* [5].

Los resultados de CF estuvieron <3 y 120 NMP mL⁻¹, donde el 40% de las muestras fueron superiores a >3 NMP/ mL, indicando problemas de contaminación durante el proceso de ordeño, almacenamiento del producto y refrigeración inadecuada [17], dado que estos microorganismos considerados indicadores de la calidad de leche, su presencia indica contaminación fecal de origen humano o animal y por tanto determinan si el alimento ha sido manipulado durante todo el proceso en situaciones que aseguren su higiene. Siendo *Escherichia coli*, la bacteria de mayor importancia, aunque de forma menos frecuente se encuentra *Citrobacter freundii*, *Klebsiella* y *Enterobacter* [18].

Los resultados demostraron que es necesario reforzar las medidas de control sanitario e higiénico de la leche, principalmente en las unidades de producción, dado que la deficiente manipulación e higiene de los utensilios empleados, así como también la higiene del personal que interviene en la producción de la leche cruda, permite que microorganismos de la piel de los pezones, manos del ordeñador, pezoneras, equipos de ordeño, baldes y todo el entorno del ordeño, lleguen a la leche [26, 27] y favorezcan el aumento recuentos de aerobios *mesófilos*, CT, *Staphylococcus aureus* y presencia de Salmonella [8]. Así mismo, se deben mantener adecuados protocolos en los métodos de almacenamiento y conservación de la leche, ya que después del ordeño, los principales factores responsables del aumento de los microorganismos (UFC) son relacionados con inadecuadas temperaturas de almacenamiento del producto y el tiempo transcurrido hasta su proceso industrial [20]; dado que las altas temperaturas afectan los valores de pH y aumentan valores medios de acidez de la leche [28], elevando los recuentos microbianos y disminuyendo su vida útil [21].

CONCLUSIONES

La calidad fisicoquímica de la leche acopiada en el municipio de Ventaquemada, Boyacá, cumple con los parámetros establecidos en el decreto 616 del 2006. A nivel higiénico el 60% de los tanques reportaron niveles de UFC inferiores a los límites permitidos y el 90,9 % obtuvieron valores inferiores <400.000 cel/ mL (RCS) así como bajo contenido de CT. Se hace necesario continuar implementando infraestructura de frío a nivel de fincas y capacitaciones periódicas sobre buenas prácticas de ordeño que incentiven la producción de leche de calidad en el departamento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGUDELO-GÓMEZ, D.A; BEDOYA-MEJÍA, O. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. **Rev. Lasallista. Invest.** 2 (1):38-42. 2005.
- [2] BAUDI, S. Características fisicoquímicas de la leche, **Química de los alimentos**. 4ª Ed. Pearson Educación, México. 220 pp. 2006.
- [3] CALDERÓN, A; CALDERÓN, R. A. Cuantificación de factores de riesgo de mastitis en sistemas elite de producción de leche en el altiplano Cundiboyacense. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Grado. 55 pp. 2002.
- [4] CALDERÓN, A.; GARCÍA, F.; MARTÍNEZ, G. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. **Rev. MVZ Córdoba.** 11(1): 725-737. 2006.
- [5] CAMACHO, A.; GILES, M.; ORTEGÓN, A.; PALAO, M.; SERRANO, B.; VELÁZQUEZ, O. **Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos**. 2nd Ed. Facultad de Química, UNAM. México. 17 pp. 2009.
- [6] CAMPUZANO, S; FLÓREZ, D. M; IBARRA, C. M; SÁNCHEZ, P. P. Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos. **Nova.** 13(23): 81-92. 2015.
- [7] CARRANZA, F.; RIVERA, P.; CHAVES, C.; ARIAS, M. L. Análisis bacteriológico del arroz con leche expandido en el Área Metropolitana de Costa Rica. **UNED Res. J.** 5(2): 289-295. 2013.
- [8] CEDEÑO, D.; VERAL, L.; GAVILANES, P.; SALTOS, J.; LOOR, R.; ZAMBRANO, J.; DEMERA, F.; ALMEIDA, A.; MOREIRA, J. Factores que afectan la calidad higiénico-sanitaria de leche cruda comercializada en Calceta-Bolívar-Manabí, Ecuador. **Rev.Avanc.Invest. Agron.** 19(3): 37-54. 2015.
- [9] MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto N°616, Bogotá, Colombia. 28 de febrero de 2006. 14 pp. 2006.
- [10] MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto N°616, Bogotá, Colombia, 27 de mayo de 2011. 5 pp. 2006.
- [11] DYMNIKI, E.; SOSIN-BZDUCHA, E. Effects of calves separation and injection of oxytocin on milk composition of the Polish Red cows. **Rev. Arch. Anim. Breed.** 56 (88): 882-891. 2013.
- [12] FERNÁNDEZ, E.; MARTÍNEZ, J. A.; MARTÍNEZ, V.; VILLARES, M.; MANUEL, J.; COLLADO, L. R.; MORÁN, F. J. Documento de Consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche. **Nutr. Hospit.** 31(1): 92-101. 2015.
- [13] FLÓREZ, A. C.; RINCÓN, C.; GARZÓN, P.; VARGAS, N.; ENRÍQUEZ, C. Factores relacionados con enfermedades transmitidas por alimentos en restaurantes de cinco ciudades de Colombia. **Rev. Asoc. Col. Infec.** 12(4):255-266. 2008.
- [14] FRAU, S.; TOGO, J.; PECE, N.; PAZ, R; FONT, G. Estudio comparativo de la producción y composición de leche de cabra de dos razas diferentes en la provincia de Santiago del Estero. **Rev. Fac. Agron.** 109 (1): 9-15. 2010.
- [15] GAMECHU, T.; BEYENE, F.Y; ESHETU, M. Physical and chemical quality of raw cow's milk produced and marketed in Shashemene Town, Southern Ethiopia. **Rev. ISABB. J.Food Agric. Sci;** 5(2):7-13. 2015.

- [16] GUTIÉRREZ, P.; MOLINA, D., CUELLO, A. Parámetros cuantitativos de los glóbulos grasos lácteos por microscopía convencional: potencial tratamiento de leche cruda bovina con rayos Ultravioleta en los puntos de producción primaria de la cadena láctea del Cesar. **Rev. Chil.Nutr.** 43(3): 279-283.2016
- [17] IBM CORPORATION. Released. IBM Statistics for Windows, Version 19.0 Armonk, NY: IBM Corp.2010
- [18] LARREA-MURRELL, J. A.; ROJAS-BADÍA, M. M.; ROMEU-ÁLVAREZ, B.; ROJAS-HERNÁNDEZ, N. M.; HEYDRICH-PÉREZ, M. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. **Rev. CENIC. Cien. Biol.** 44(3):24-34. 2013.
- [19] LÓPEZ, J. Rendición de cuentas del Instituto Nacional de Salud. 2011. En línea. <http://www.ins.gov.co/control-y-transparencia/siteassets/paginas/rendici%c3%b3n-de-cuentas/rendi-ci%c3%b3n%20de%20cuentas%202011.pdf>.14 junio 2019.
- [20] LUIGI, T; ROJAS, L; VALBUENA, O. Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria de leche cruda y pasteurizada expendida en el estado Carabobo, Venezuela. **Salus.** 17(1): 25-33. 2013.
- [21] MARTÍNEZ, A.; VILLOCH, A.; RIBOT, A.; PONCE, P. Diagnóstico de Buenas Prácticas Lecheras en una cooperativa de producción. **Rev. Anim,** 36(1):14-18. 2014,
- [22] MARTÍNEZ, M; GÓMEZ, C. Calidad composicional e higiénica de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Sucre, Colombia. **Biotechnol. Sector Agrop. Agroindustr.** 11(2): 93-100. 2013.
- [23] MOLINA, H.; CANO, J.; DÍAZ, C.; CASTILLO, F. Equivalencia del espesor de ensuciamiento con β -lg desnaturalizada en el calentamiento de leche. **Avan.Cien.Tecnol.** 6 (1): 49-62. 2015.
- [24] MORA, M.G.; VARGAS, B; ROMERO, J; CAMACHO, J Factores de riesgo para la incidencia de mastitis clínica en ganado lechero de Costa Rica. **Rev. Agron. C.** 39(2): 77-89. 2015.
- [25] MORALES-PABLO, R.; AVALOS, D.; LEYVA-RUELAS, G.; YBARRA-MONCADA, M. Calidad bacteriológica de leche cruda de cabra producida en Miravalles, Puebla. **Rev.Mex. Ingen. Industr.** 11(1): 45-54. 2012.
- [26] MORENO, F; MARTÍNEZ-RODRIGUEZ, G; MENDEZ, V; OZUNA, M;VARGAS, M. R. Análisis microbiológico y su relación con la calidad higiénica y sanitaria de la leche producida en la región del Alto de Chicamocha (Departamento de Boyacá). **Rev.Med.Vet.** 2 (14): 61-83. 2007.
- [27] MÚNERA-BEDOYA, O. D; CASSOLI, L. D; MACHADO, P. F; CERÓN-MUÑOZ, M. F. Influence of attitudes and behavior of milkers on the hygienic and sanitary quality of milk. **Plos One.** 12(9): 0184640.2017.
- [28] REVELLI, G.; SBODIO, O.; TERCERO, E. Recuento de bacterias totales en leche cruda de tambos que caracterizan la zona noreste de Santa Fe y sur de Santiago del Estero. **Rev.Argent.Microbiol.** 36 (3): 145-149. 2004.
- [29] RODRÍGUEZ, V.; CALDERÓN, A.; VERGARA, O. Calidad de leches crudas en tres empresas acopiadoras en Córdoba. **Rev. Colomb. Cien. Anim.** 6(1): 103-115. 2014.
- [30] ROMERO, P; ALBERTO, C; CALDERÓN, R; RODRÍGUEZ, R. Evaluación de la calidad de leches crudas en tres subregiones del departamento de Sucre, Colombia. **Rev. Colomb.Cien.Anim Recr.** 10(1):43-50. 2018.
- [31] RUEGG, P.L.; TABONE, T.J. The relationship between antibiotic residue violations and somatic cell counts in Wisconsin dairy herds. **J. Dairy Sci.** 83: 2805-2809. 2000.
- [32] SCHOPEN, G.C.; HECK, J.M.; BOVENHUIS, H.; VISKER, M.H.; VAN VALENBERG, H.J.; VAN ARENDONK, J.A. Genetic parameters for major milk proteins in Dutch Holstein-Friesians. **J. Dairy Sci.** 92:1182-1191. 2009.
- [33] VEGA, S.; GUTIÉRREZ, R.; RAMÍREZ, A.; GONZÁLEZ, M.; DÍAZ –GONZÁLEZ, G.; SALAS, J., GONZÁLEZ, C.; CORONADO, M.; SCHETTINO, B.; ALBERTI, A. Características Físicas y químicas de la leche de cabra de razas Alpino Francesa y Saanen en épocas de lluvia y seca. **Rev. Salud Anim.** 29 (3): 160-166. 2007.