

Características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche de vaca producida en la finca Las Mercedes, Managua, Nicaragua

Physicochemical and microbiological characteristics of cow's milk produced at Las Mercedes farm, Managua, Nicaragua

María Nelly Salazar Cerda¹, Claudio Pichardo Hernández², Erick Josué Blandón López³

¹ Ing. Zootecnista, especialista en tecnología de la leche, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8186-7084> / msalazar@ci.una.edu.ni

² MSc. Procesamiento de alimentos, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4294-9591> / claudio.pichardo@ci.una.edu.ni

³ Graduado de la carrera de Ingeniería de Agroindustria de los Alimentos

Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía

*Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León)



RESUMEN

Las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche determinan la calidad de sus productos derivados y su uso en la agroindustria. El objetivo de este estudio se basó en la identificación de las características fisicoquímicas y microbiológicas de la leche producida en la finca Las Mercedes de la Universidad Nacional Agraria. Se utilizó una muestra de 10 vacas para comparar los resultados con la norma técnica obligatoria nicaragüense para leche cruda. Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos indican que: los porcentajes de acidez titulable son normales, el valor del pH en el mes de febrero presentó el mejor resultado, sin embargo no logró cumplir con los requisitos mínimos, la densidad presentó un comportamiento normal en los meses de febrero, marzo y abril (1.030 kg L^{-1}), sin embargo, en el mes de mayo se registró un valor por debajo de la norma (1.003 kg L^{-1}); el porcentaje de sólidos totales está por debajo del nivel aceptable, mientras que el porcentaje de sólidos no grasos es normal. El porcentaje de grasa fue normal en abril y mayo; los porcentajes de proteína obtenidos están debajo del promedio que debe presentar la leche, los resultados de la prueba de tiempo de reducción de azul de metileno de la leche la clasificó como tipo B, al presentar una carga microbiana $\leq 1\ 000\ 000 \text{ UFC ml}^{-1}$. La prueba de mastitis resultó negativa. A pesar de que algunas características de la leche están por debajo de los valores establecidos en la norma técnica obligatoria nicaragüense 03 027-17, la leche podría usarse en procesos agroindustriales.

Palabras clave: especificación técnica, higiene de la leche, control de calidad, agroindustria.

ABSTRACT

The physicochemical and microbiological characteristics of milk determine the quality of milk products and their use in agroindustry. The objective of this study was based on the identification of the physicochemical and microbiological characteristics of milk produced at the Las Mercedes farm of the National Agrarian University. A sample of 10 cows was used to compare the results with the nicaraguan mandatory technical standard for raw milk. The results of the physicochemical and microbiological analyses indicate that the percentages of titratable acidity are normal; the pH value in february showed the best result but did not meet the minimum requirements; the density showed normal behavior in february, march and april (1.030 kg L^{-1}), however, in the month of May a value below the norm was recorded (1.003 kg L^{-1}); the percentage of total solids is below the acceptable level, while the percentage of non-fat solids is normal. The percentage of fat was normal in april and may; the percentages of protein obtained are below the average that milk should present, the results of the methylene blue reduction time test of the milk classified it as type B, presenting a microbial load $\leq 1\ 000\ 000 \text{ CFU ml}^{-1}$. The mastitis test was negative. Although some characteristics of the milk are below the values established in nicaraguan mandatory technical standard 03 027-17, the milk could be used in agroindustrial processes.

Keywords: Technical specification, milk hygiene, quality control, agroindustry.

Recibido: 10 de mayo del 2023
Aceptado: 25 de junio del 2023



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

AGROINDUSTRIA

La caracterización fisicoquímica y microbiológicas de la leche cruda de ganado bovino permiten conocer datos representativos de cada uno de sus componentes, lo que permite aplicar ciertos cambios en la alimentación del ganado lechero para mejorar la composición de los porcentajes de grasa y proteína, si es que éstas no llegan a cumplir con los parámetros establecidos según la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para leche cruda (NTON 03 027-17).

Araneda (2022) afirma que la composición química de la leche depende de muchos factores, como la raza, la variedad de animales, la edad, el período de lactancia, la estación del año, la nutrición, el tiempo de ordeño, el tiempo entre lactancias, las condiciones fisiológicas (por ejemplo, vacas tranquilas o estresadas), el estado sanitario y uso o no de medicamentos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023) indica que "La calidad de la leche cruda es el principal factor determinante de la calidad de los productos lácteos. No es posible obtener productos lácteos de buena calidad sino [sic] de leche cruda de buena calidad" (parr. 1).

Armas (2017) indica que la calidad de la leche puede considerarse desde dos aspectos esenciales que no son independientes uno del otro, la calidad química, que está conformada por su composición, características sensoriales, fisicoquímicas y su valor nutritivo, y la calidad higiénica de la leche, asociada a la cantidad y tipo de microorganismos, con la flora inocua y productora de enzimas termo resistentes, es decir, microorganismos benéficos y patógenos respectivamente.

El análisis de los factores que determinan la calidad en la leche permite detectar cuál o cuáles de los parámetros establecidos en las normativas no se está cumpliendo, y así poder desarrollar medidas y/o actividades para mejorar la composición de la leche, de esta forma la leche pueda ser apta para consumo humano, y de igual manera, para la elaboración de derivados lácteos de buena calidad en la agro-industrialización.

Este trabajo fue realizado en la finca Las Mercedes, propiedad de la Universidad Nacional Agraria en Managua, Nicaragua, tomando una muestra de 10 vacas y considerando los factores que influyen en la composición de la leche. La realización de este estudio es debido a que no existe precedentes de evaluación de factores que determinan la calidad de la leche en la finca Las Mercedes que sirvan como punto de partida para considerar mejoras en el sistema productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación, etapas y período del estudio. La investigación se realizó en la Universidad Nacional Agraria (UNA) en Managua, Nicaragua. El proceso se desarrolló en tres etapas: 1) obtención de la materia prima (leche de vaca) en

la finca Las Mercedes propiedad de la UNA (12°09'24'' LN y 86°10'15'' LO), 2) prueba de tiempo de reducción de azul de metileno en el laboratorio de microbiología y 3) pruebas fisicoquímicas en el laboratorio de fisiología vegetal; las etapas 2 y 3 se desarrollaron en las instalaciones de la universidad (12°08'51'' LN y 86°09'50'' LO), en la Facultad de Agronomía. Esta investigación se realizó en el 2022 durante el período de la época seca (febrero, marzo y abril) e inicio del período lluvioso (mayo).

Tipo de investigación. La investigación es no experimental de tipo descriptivo, se fundamenta en la evaluación de la calidad de la leche producida por el ganado bovino de la finca Las Mercedes.

Organización de los datos. Se consideraron siete factores que inciden en la composición de la leche: porcentaje de acidez, pH, densidad relativa de la leche, porcentaje de sólidos totales, porcentaje de sólidos no grasos, porcentaje de grasa y porcentaje de proteína. Se muestrearon 10 vacas, cinco de la raza Pardo/Brahmán, tres Holstein, un Pardo y un Brahmán. La cantidad de la muestra fue de un litro por vaca para el análisis de laboratorio.

Muestreo. Se obtuvo un litro de leche de cada individuo, tomando en cuenta la producción de leche individual; las muestras fueron obtenidas inmediatamente después del ordeño de cada vaca, para luego obtener muestras únicas de las cuatro razas en muestreo. Se consideró una repetición por muestra en un período de 13 semanas, para un total de 130 datos

Análisis de laboratorio. Esta etapa consistió en la realización de los análisis físicos, químicos y microbiológicos a las muestras de leche obtenida para determinar si las características son óptimas para la transformación según lo establecido en la NTON 03 027-17. Los análisis se realizaron una vez por semana a las 10 muestras de leche obtenidas, durante las 13 semanas de estudio.

Pruebas fisicoquímicas y microbiológicas. Las siguientes pruebas fisicoquímicas y microbiológicas se realizaron para hacer una comparación con las normas sanitarias vigente en el país.

Porcentaje de acidez titulable (ATECAL). La determinación de acidez titulable se realizó tomando en cuenta el procedimiento descrito por Alduvin y León (2006) según la siguiente ecuación:

$$\%ATECAL = \frac{(VNaOH)(0.009)}{\text{gramos de muestra}} \times 100$$

AGROINDUSTRIA

Donde VNaOH es el volumen de hidróxido de sodio consumido y 0.009 corresponde al coeficiente de ácido láctico

pH. Para la determinación de pH se realizó el procedimiento basado en la metodología descrita por Artica (2014).

Densidad de la leche. La prueba de densidad de la leche se realizó según la metodología descrita por Revilla (1995) considerando la lectura corregida según la siguiente ecuación:

$$LC = \text{Densidad} - 0.0002(15^\circ\text{C} - T^\circ)$$

Donde:

LC: Lectura corregida del lactodensímetro

0.0002: Factor de corrección

T°: Temperatura de la leche

Porcentaje de sólidos totales. Para la determinación de sólidos totales se hará uso de la fórmula de Richmond, modificada por Kirk *et al.* (1999), como lo cita Vanegas y Martínez (2011).

$$\%ST = (0.25 \times D) + (1.21)(G) + 0.66$$

Donde %S es porcentaje de sólidos totales, D es la densidad de la leche, G es el porcentaje de grasa de la leche.

Porcentaje de sólidos no grasos. Esta variable se determinó según la fórmula simplificada de Babcock como lo indica la Universidad de Zulia (2018).

$$\%SNG = (0.25 \times D) + (0.22)(G) + 0.55$$

Donde %SNG es porcentaje de sólidos no grasos, D corresponde a es la densidad de la leche, G es el porcentaje de grasa de la leche.

Determinación de porcentaje grasa. La determinación de la grasa láctea de la leche se realizó por el método Babcock según el procedimiento basado en la metodología utilizada por Artica (2014).

Determinación de proteínas. La determinación de Proteínas de la leche se realizó por el método Kjeldahl, con el procedimiento basado en la metodología utilizada por Artica (2014).

$$\% \text{ Proteínas totales} = \% \text{ de nitrógeno proteico} \times 6.38$$

Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM). Para realizar la prueba de azul de metileno o prueba de la reductasa se utilizó la metodología descrita por Revilla (1995).

Prueba de mastitis. La prueba de mastitis se basa en poder realizar una evaluación cualitativa de los microorganismos presentes en la ubre de la vaca, metodología descrita por Revilla (1995).

Organización y análisis de datos. Para la selección de las vacas se consideraron los siguientes aspectos: edad, número de chapa, raza y fecha de parto. Seguidamente se realizó la recolección y se registró la cantidad de leche ordeñada por individuo y simultáneamente se realizó la prueba de mastitis. Los datos de las evaluaciones fisicoquímicas fueron anotados para realizar los cálculos de corrección e ingresarlos en una hoja de cálculo en Excel del programa informático Microsoft Office; la información se ordenó según las fechas de muestreo y el análisis se hizo con el programa estadístico Infostat, donde se realizó una estadística descriptiva para ver el comportamiento y la variabilidad de los datos respecto a lo indicado por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017), en la NTON 03 027-17.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje de acidez titulable (ATECAL). Los porcentajes de acidez titulable promedio mensual corresponden a 0.15 % para febrero y marzo, y 0.16 % para abril y mayo; estos valores indica que su nivel de acidez está dentro del rango normal. La Universidad de Zulia (2018) explica que, cuando la acidez es más alta de lo normal, es un indicativo de que la población bacteriana es mayor, lo que altera la acidez de la leche. El rango de porcentaje de la acidez de la leche cruda según la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017), en la NTON 03 027-17, debe estar entre 0.13 %-0.17 %. Por tanto, puede decirse que la acidez obtenida se mantiene a niveles aceptables (Figura 1).

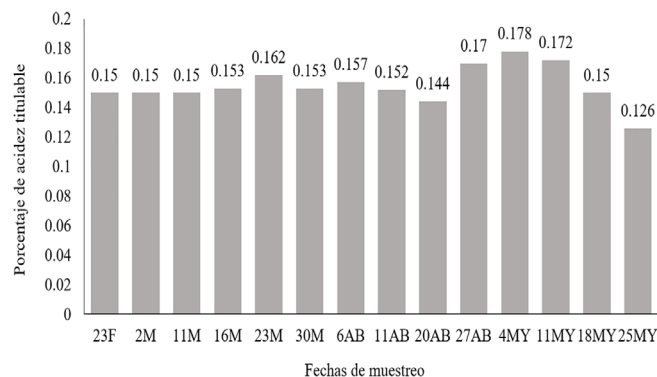


Figura 1. Porcentaje de acidez titulable según fecha de muestreo.

pH. En la Figura 2 se observan los valores de pH de la leche que oscilan entre 4 y 6.2. Los valores promedios por mes corresponden a 6.25 en febrero, 5.89 en marzo, 5.87 en abril y 5.85 en mayo; estos valores se clasifican como bajos respecto

AGROINDUSTRIA

al rango de pH de 6.6 a 6.8 establecidos por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017), en la NTON 03 027-17, en el caso de leche cruda.

Esto puede deberse a la cantidad de horas transcurridas (cuatro horas) desde el ordeño hasta el ingreso en el laboratorio, ya que durante este tiempo, los microorganismos presentes en las muestras de leche (principalmente bacterias) fermentan el azúcar (lactosa) y lo transforman a ácido láctico u otros ácidos orgánicos que tienden a disminuir el pH de la leche, también la temperatura de la leche juega un papel importante, como lo indica Parada (2021), donde pH de la leche disminuye 0.01 unidades por cada 1 °C que aumente la temperatura.

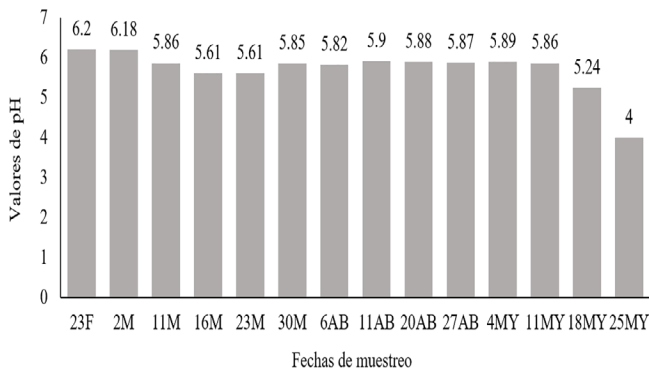


Figura 2. Valores de pH de la leche según momento de muestreo.

Densidad de la leche. Los valores promedio mensuales de la densidad en leche fueron de 1.031 kg L⁻¹ para febrero, 1.030 kg L⁻¹ para marzo y abril y 1.003 kg L⁻¹ en mayo; estos valores se encuentran dentro del rango normal (1.029 kg L⁻¹ - 1.033 kg L⁻¹) establecido por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017), en la NTON 03 027-17, excepto los registrados en mayo. Calderón et al. (2007), reportan valores de densidad entre 1030 a 1033 g ml⁻¹ (1.030 kg L⁻¹ – 1.033 kg L⁻¹) en el 77.9 de las muestras, valores menores a 1030 g ml⁻¹ (1.030 kg L⁻¹) en el 17.2 % y mayores a 1030 g ml⁻¹ (1.030 kg L⁻¹) en el 4.9 % de las muestras.

El valor promedio de la densidad de la leche puede verse afectado por diversos factores, ya sea por adulteraciones de la leche, el tiempo transcurrido después del ordeño, la temperatura al momento de la determinación; Periago (s.f.), explica que después del ordeño este parámetro adquiere su valor más bajo, aumentando después lentamente. A esto se le conoce como fenómeno de Recknagel, y depende de la lenta solidificación de la grasa. Este resultado obtenido indica que se mantiene a un nivel aceptable, según se muestra en la Figura 3.

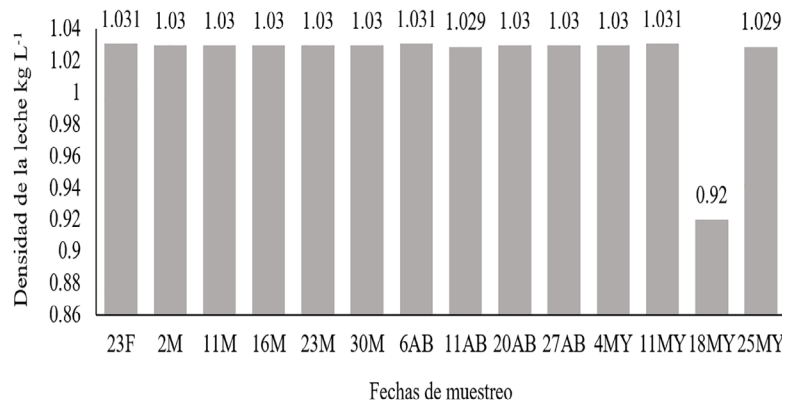


Figura 3. Densidad de la leche (kg L⁻¹) según momento de muestreo.

Porcentaje de sólidos totales. Los porcentajes promedio de sólidos totales fueron de 9.38 % para el mes de febrero y marzo, 11.07 % para el mes de abril y 10.93 % para el mes de mayo, lo que indica que los porcentajes obtenidos en los momentos de muestreo se sitúan por debajo del valor mínimo (11.5 %) establecidos por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017) en la NTON 03 027-17.

Se sabe que los sólidos totales es la sumatoria de cuatro componentes (lactosa, proteínas, minerales y grasa). Campabadal (1999) explica, que el factor más influyente en el porcentaje de sólidos totales en leche es el porcentaje de grasa, al ser el componente más variable que tiene este producto; los porcentajes de grasa pueden variar de dos a tres unidades, el de proteína de 0.1 a 0.3 unidades, mientras que el contenido de lactosa y minerales es bastante constante. Estos resultados pueden evidenciarse al existir poco porcentaje de grasa y de proteínas en las muestras de leche (Figura 4). En el caso de las muestras de febrero y marzo que presentan valores por debajo del rango normal, el producto tendría una influencia negativa en los rendimientos posterior al proceso de transformación agroindustrial, no así en la calidad.

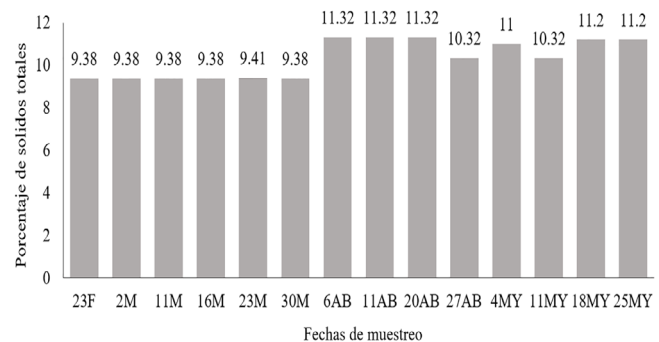


Figura 4. Comportamiento de los sólidos totales de la leche por fecha.

AGROINDUSTRIA

Porcentaje de sólidos no grasos. En la Figura 5 se presentan valores entre 8.45 % y 8.9 %. Los porcentajes promedios mensuales de sólidos no grasos fueron de 8.6 % en febrero, 8.74 % en marzo, 8.64 % para abril y 8.65 % para mayo, valores dentro de lo establecido (8.3 %) por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017) en la NTON 03 027-17. Debe considerarse que el porcentaje de grasa representa el 30 % del total de los sólidos en la leche; al existir un valor bajo en el porcentaje de grasa, se obtiene un alto valor del porcentaje de sólidos no grasos.

Calderón *et al.* (2007), reportaron valores medios de porcentaje de sólidos no grasos igual a 8.38 %.

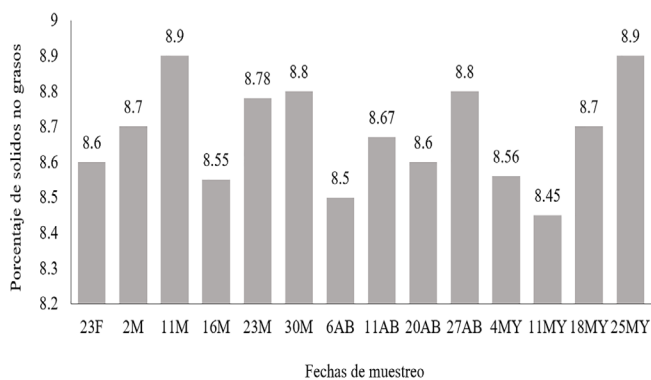


Figura 5. Porcentaje de sólidos no grasos en la leche, según momento de muestreo.

Porcentaje grasa. En la Figura 6 se observa un comportamiento ascendente del porcentaje de grasa según momento de muestreo. Los porcentajes varían desde 2.27 % en febrero, hasta 4.9 % en mayo. Los valores promedios mensuales en febrero y marzo (2.27 %) están por debajo de los límites reconocidos por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017), sin embargo, en abril (3.25 %) y mayo (4.9 %) los valores alcanzan niveles normales. El aumento en los valores resulta, de una suplementación en la alimentación producto de las recomendaciones realizadas a partir de los resultados en las primeras muestras. Según Munguía (2010), el porcentaje de grasa está determinado por factores como la alimentación, el clima, la raza, la edad, el estado de salud y el período de lactancia.

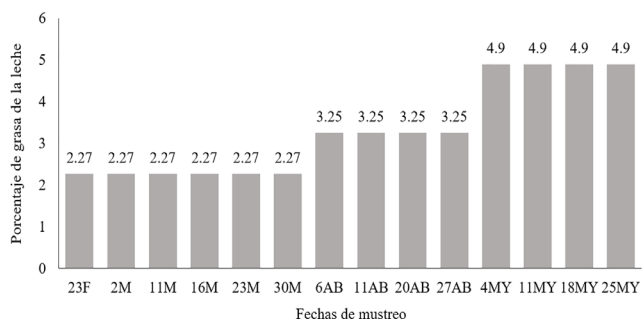


Figura 6. Porcentaje de grasa de la leche según momento de muestreo.

Porcentaje de proteínas. En la Figura 7 se muestran los porcentajes de proteína, estos oscilan entre 2.14 % y 2.35 %. De acuerdo a los meses de muestreo se registró un promedio de 2.14 % para febrero y marzo, en cambio en abril se registra 2.27 % y 2.35 % en mayo. Según la FAO (s.f.), en la leche cruda las proteínas constituyen un 3.5 %. Hernández (s.f), explica que los porcentajes de proteína son más altos durante la época lluviosa respecto a la época seca, debido a la disponibilidad y calidad en los alimentos y las condiciones climáticas donde se maneja el ganado; así se cita en Guerrero y Rodríguez (2010).

Aunque en mayo se registra el porcentaje más alto, este valor está por debajo de lo establecido por la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2012), en la NTON 03 034-11.

Es importante conocer los parámetros que miden la calidad de la leche cruda, debido a su uso como materia prima en la agro-industrialización.

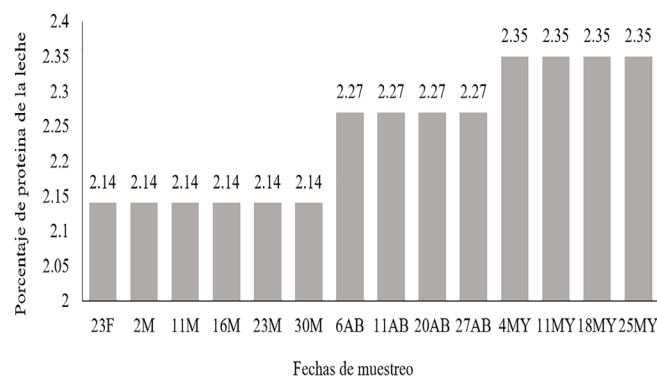


Figura 7. Porcentaje de proteína de la leche según momento de muestreo.

Tiempo de reducción de azul de metileno (TRAM). El promedio del TRAM es de 3.2 horas para el mes de febrero y marzo, 3.18 horas en abril y 2.68 horas en mayo; esto indica que la leche tiene una carga microbiana $\leq 1\ 000\ 000$ UFC ml⁻¹ (unidades formadoras de colonias por mililitro), valor que permite clasificar a la leche del tipo B, y considerarla como materia prima en varios procesos agroindustriales.

Los principales factores que influyen que el tiempo de reducción de azul de metileno sea menor son la limpieza de la sala de ordeño, la higiene del ordeño, la limpieza de las ubres (Revilla, 1995), ya que al no realizar una buena limpieza, las bacterias que se encuentran principalmente en las heces del ganado caen al recipiente con el que se realiza el ordeño, produciendo la contaminación de la leche; el tiempo transcurrido después del ordeño, aumenta la carga bacteriana, teniendo leche de baja calidad. En la Figura 8 se presentan los valores por momento de muestreo, los que son considerados como aceptables según lo indica la Asamblea Nacional de la República de Nicaragua (2017) en la NTON 03 027-17.

AGROINDUSTRIA

Menor tiempo en la decoloración del azul de metileno, revela que la carga microbiana es mayor, lo que indica que la leche es de menor calidad, y su uso no debería generalizarse en todos los procesos agroindustriales.

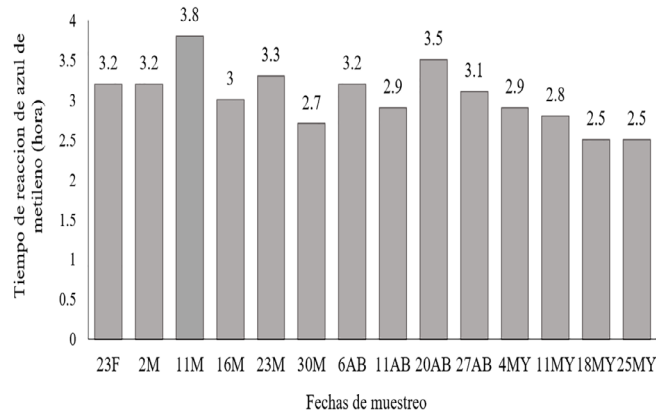


Figura 8. Tiempo de reducción de azul de metileno (horas).

Prueba de mastitis. Los resultados obtenidos en la prueba de mastitis fueron negativos, lo que resulta satisfactorios, ya que no se detectó formación de gel o cambio de color; se observó la formación de trazas. Mellenberger, (2000), explican que cuando un resultado es negativo la cantidad de células somáticas se sitúa entre 0 y 200 000 y cuando se presentan trazas el rango de células somáticas está entre 200 000 y 400 000, como lo cita Rivera, (2014). Debido a que las muestras fueron colectadas de las mejores vacas, durante el período de lactancia y con los cuidados realizados al momento de los muestreos, los resultados se consideran normales. En la Figura 9 se observa el resultado de la prueba de mastitis.



Figura 9. Muestra para la prueba de mastitis.

CONCLUSIONES

Las características fisicoquímicas de las muestras de leche indican que el porcentaje de acidez titulable es normal, los valores de pH un poco por debajo del rango aceptable, la densidad de la leche disminuye a partir del inicio de la época lluviosa, los niveles del porcentaje de sólidos totales se registran un poco por debajo de lo normal, el porcentaje de sólidos no graso se sitúa en niveles normales, el porcentaje de grasa en el rango normal en los meses de abril y mayo, no así en las primeras épocas de muestreo; los valores del porcentaje de proteína se registraron por debajo de lo normal, con respecto a las características microbiológicas, el tiempo de reacción al azul de metileno es normal y se presenta una reacción negativa a la prueba de mastitis.

La leche producida en la finca Las Mercedes, por sus características fisicoquímicas y microbiológicas, es una materia prima que puede ser utilizada en algunos procesos de transformación agroindustrial, ya que podría incidir en la vida útil y rendimiento de los productos elaborados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alduvin Cáceres, D. y León Cáceres, M. J. (2006). *Caracterización de la Calidad de la Leche Fresca producida en los municipios Matiguás, Río Blanco, Paiwas y Muy Muy del departamento de Matagalpa, en el mes de Enero del 2006* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León]. Repositorio Institucional. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/5055>
- Araneda, M. (9 de junio de 2022). *Leche y derivados. Composición y propiedades*. <https://www.edualimentaria.com/leche-y-derivados-composicion-y-propiedades>
- Armas Alba, S. (2017). *Determinación de parámetros fisicoquímicos en leche* [Tesis de Licenciatura, Universidad de La Laguna]. RIULL Repositorio Institucional. <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6815/Determinacion%20de%20parametros%20fisicoquimicos%20en%20leche.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Artica Mallqui, L. (2014). *Métodos para el análisis fisicoquímico de la leche y derivados lácteos* (2. ed.). Libros y editoriales, TEIA. <https://luisartica.files.wordpress.com/2011/11/metodos-de-analisis-de-leche-2014.pdf>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2017). *Leche y productos lácteos. Leche cruda (vaca). Especificaciones. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. Norma Técnica N°. NTON 03 027- 17*. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/3133c0d121ea3897062568a1005e0f89/22313562f0e0c3ae0625821800614b85?OpenDocument>

AGROINDUSTRIA

- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2012). *Leche pasteurizada. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense. Norma Técnica* N°. NTON 03 034- 11. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aaea87dac762406257265005d21f7/bf3c4be7493f040306257a4f00790ce0?OpenDocument>
- Calderón R, A., Rodríguez R, V. y Vélez R, S. (2017). Evaluación de la calidad de leches en cuatro procesadoras de quesos en el municipio de montería, Colombia. *Rev.MVZ Córdoba*, 12(1), 912-920. <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v12n1/v12n1a06.pdf>
- Campabadal, C. (1999). Factores que afectan el contenido de sólidos en leche. *Nutrición Animal Tropical*, 5(1), 67-92. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/11103>
- Guerrero Ortiz, J. y Rodríguez Castillo, P. A. (2010). *Características físicoquímicas de la leche y su variación. Estudio de caso, Empresa de lácteos El Colonial, León, Nicaragua* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1399/1/tnq04g934.pdf>
- Munguía Ortega, J. L. (2010). *Manual de procedimientos para análisis de calidad de la leche. Cuenta Reto del Milenio y TechnoServec*. https://www.academia.edu/9408795/20_Manual_de_Procedimientos_para_Analisis_de_calidad_de_la_Leche
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (23 de mayo de 2023). *Calidad y evaluación*. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/calidad-y-evaluacion/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). *Composición de la leche. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/composicion-de-la-leche/es/#:~:text=Leche%20de%20vaca%3A%20las%20grasas,vaca%20var%C3%ADa%20seg%C3%BAAn%20la%20raza>
- Parada, I. (1 de abril de 2021). *¿Cuál es el pH de la leche?* YuBrain. <https://www.yubrain.com/ciencia/quimica/cual-es-el-ph-de-la-leche/>
- Periago, M. (s.f.). *Higiene, inspección y control de calidad de la leche. Universidad de Murcia*. <https://www.um.es/documents/4874468/10812050/tema-2.pdf/8e36eac7-23f1-45ed-b671-df6c03c4d467#:~:text=Existen%20muchas%20causas%20que%20act%C3%BAan,centrifugaci%C3%B3n%20y%20otras%20operaciones%20tecnol%C3%B3gicas>
- Revilla, A. (1995). Computo de coliformes. En A. Revilla, y H. Barletta (Ed.), *Industria Láctea; curso práctico* (2ª ed.). Zamorano Academic Press.
- Rivera Suárez, A. M. (2014). *Determinación de la prevalencia de mastitis subclínica en ganado Reyna, Rancho Los Perianos, Nandaime, Granada* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/2741/1/tnl73r621.pdf>
- Universidad de Zulia (2018). *Determinación del contenido de sólidos totales y grasa*. https://nanopdf.com/download/determinacion-del-contenido-de-solidos-totales-y-grasa_pdf
- Vanegas, D. y Martínez, M. (2011). Determinación de parámetros físicoquímicos y microbiológicos de la leche en el municipio de Chipaque Cundinamarca y su comercialización (Colombia). *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 2(2), 92-115. <https://doi.org/10.22579/22484817.587>