

Caracterización de la calidad y de la inocuidad de la leche cruda procesada por la industria láctea del departamento de Caldas

Félix Octavio Díaz Arango^{a*}, Miguel Humberto Mazzeo Meneses^a, Julio César Caicedo-Eraso^b

^a Magister. Profesor, Facultad de Ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia

^b PhD. Profesor, Facultad de Ingeniería, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia

Recibido: 6 de agosto de 2012. Aprobado: 6 de abril de 2015.

RESUMEN

Se presenta un estudio de caracterización de la calidad y de la inocuidad de la leche cruda procesada por la industria láctea del departamento de Caldas. Se diseñó un plan de muestreo para efectuar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados se compararon con las exigencias del Decreto 616 de 2006 del Ministerio de la Protección Social y de la norma internacional Grade A Pasteurized Milk Ordinance de 2007 de la Food and Drug Administration. Los resultados mostraron que la leche cruda presentó deficiencias de higiene, basados en un recuento promedio de mesófilos elevado (0,836x364 UFC/ml) y la presencia de coliformes como *Escherichia coli* (en un 90,9% de las muestras). Se encontraron deficiencias sanitarias según el elevado promedio en el recuento de células somáticas (685,464 cels/ml) y la presencia de residuos de antibióticos (en el 36,3% de las muestras). Se evidenció posible adulteración por aguado, basados en el bajo promedio de densidad (1,029 g/ml). La calificación global de calidad, mostró que únicamente el 54,5% de las muestras de la leche cruda cumplieron con los requisitos legales. Todo lo anterior, es lo que podría estar afectando la calidad de los derivados lácteos procesados por la industria láctea del departamento de Caldas.

Palabras clave: leche cruda, caracterización, inocuidad, calidad, Caldas.

Characterization of the quality and safety of raw milk processed by the dairy industry in the Department of Caldas, Colombia

ABSTRACT

A study of characterization of quality and safety of raw milk processed by milk industry of the department of Caldas is presented. A sampling plan was designed to carry out the physical-chemical and microbiological analysis. The results were compared with the requirements of Decree 616 of 2006 from the Ministry of Social Protection and requirements of the international standard Grade A Pasteurized Milk Ordinance of 2007 from the Food and Drug Administration. The results showed that raw milk presented hygiene deficiencies, based on a high average count of mesophilic (0,836x364 CFU/ml) and the presence of coliforms as *Escherichia coli* (90.9% of samples). Sanitary deficiencies were found because of the high average in somatic cell count (685.464 cells/ml) and the presence of antibiotic residues (in 36.3% of samples). Possible adulteration due to watery was evidenced, based on the low density average (1.029 g/ml). The overall quality rating showed that only 54.5% of the samples of raw milk met the legal requirements. All this might be affecting the quality of dairy products processed by milk industry of the department of Caldas.

Key words: Mraw milk, characterization, safety, quality, Caldas.

1. Introducción

La producción de leche y derivados en Colombia han convertido al sector lácteo en una de las actividades más representativas dentro del sector agropecuario. Esto ha permitido a las autoridades gubernamentales exigir estándares de calidad más rigurosos para dar un mayor valor agregado a la producción de los derivados lácteos y mejorar su competitividad.

El departamanto de Caldas tiene un prometedor sector industrial lácteo, pero padece los problemas

de los hatos lecheros, a los cuales les falta mejorar sus Buenas Prácticas Ganaderas para producir una leche inocua y de alta calidad. Un estudio realizado a finales de los años noventa (Arcila *et al.*, 2005) muestra las condiciones higiénico-sanitarias de los hatos de mayor producción lechera con incumplimiento del Decreto 2437 de 1983 del Ministerio de Salud. Reflejado en los resultados de los controles de calidad de la leche cruda como las pruebas de reductasa menores a 2,5 horas (150 minutos), recuentos altos de Mesófilos, Coliformes totales fecales y presencia de Psicrótrofos en climas fríos.

Otro estudio realizado entre 1999 y 2000 (Cabrera y Rivera, 2001) encontró un valor promedio del

* Autor de correspondencia.

E-mail: felix.diaz@ucaldas.edu.co (F. Díaz)

tiempo de reductasa de 196 minutos, equivalentes a un recuento microbiológico de 500.000 UFC/ml, sin existir diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sistemas o épocas de muestreo. Aunque en su momento dicho estudio encontró una mejoría, la inocuidad continua siendo deficiente al evaluarlo bajo normativas actuales (una leche de grado A no debe presentar recuentos mayores de 100.000 UFC/ml) (FDA, 2009).

El aseguramiento de la calidad en la cadena productiva láctea requiere poder evaluar el efecto de las deficiencias de la inocuidad y la calidad en la producción de leche cruda, pudiendo así, implementar planes de mejoramiento que garanticen la protección de la salud humana, el bienestar animal, la protección del medio ambiente, las preferencias sensoriales de los consumidores y los requerimientos comerciales de las plantas pasteurizadoras y procesadoras de leche (Piñeros *et al.*, 2005).

Se plantea un estudio de caracterización de la calidad e inocuidad de la leche cruda que incluya la clasificación de las variables de estudio en: (a) calidad higiénica (nivel de higiene y carga y tipo de microorganismos); (b) calidad composicional (características fisicoquímicas y nutricionales); (c) calidad sanitaria (recuento de células somáticas, antibióticos y agroquímicos) (Piñeros *et al.*, 2005). Se debe considerar que la calidad sanitaria está relacionada con leche libre de brucelosis, tuberculosis, residuos de inhibidores y contaminantes.

El objetivo propuesto fue caracterizar la calidad higiénica, sanitaria y composicional de la leche cruda procesada por la industria láctea del departamento de Caldas.

2. Materiales y Métodos

Se realizó un plan de muestreo de leche cruda en algunas industrias procesadoras lácteas del departamento de Caldas. A las diferentes muestras de leche cruda, se les realizaron diferentes análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Finalmente, se realizó un análisis estadístico y posterior análisis y discusión de los resultados obtenidos.

2.1. Plan de muestreo

El número de muestras de leche cruda fueron seleccionadas de los lotes sometidos a inspección en las empresas según la norma NTC 666 (ICONTEC, 1996).

2.1.1. Preparación del muestreo

Se definió registrar información de la empresa compradora, de la finca productora, del tamaño del

lote de leche cruda (volumen), del tipo y tamaño de las cantinas y/o tanques de enfriamiento y de la temperatura de la leche. Se capacitó al personal a cargo del muestreo en: etiquetado y sellado, formatos para la toma, informes y toma aséptica, manejo de recipientes y neveras para conservación y transporte (ICONTEC, 1996).

2.1.2. Tamaño de la muestra y de la unidad de muestra

Se tomó un total de 11 muestras por duplicado ($n = 11$) de 2 litros de leche cruda cada una (5 porciones de 400 ml mezcladas en un solo recipiente) por cada una de las 11 empresas en este estudio. El tamaño de la unidad de muestra de leche cruda se determinó según las cantidades mínimas recomendadas de 100 ml para análisis fisicoquímicos y de 150 ml para análisis microbiológicos (ICONTEC, 1996).

2.1.3. Técnica de muestreo

Todas las muestras de leche cruda fueron tomadas asepticamente por duplicado en dos semanas diferentes del mes de muestreo en la época de invierno del segundo semestre del año 2010. Dichas muestras fueron almacenadas y transportadas a 4°C hasta el laboratorio. Se siguieron los procedimientos de muestreo recomendados por el INVIMA (2003), en cuanto a la forma como el laboratorio debe manipular las muestras a granel para la obtención de la muestra final para análisis. Las pruebas de laboratorio aplicadas estuvieron acordes al Decreto 616 de 2006 del Ministerio de la Protección Social de Colombia para leches fluidas y sus derivados lácteos.

2.1.4. Análisis de laboratorio

Las muestras fueron analizadas en los laboratorios de la Unidad Tecnológica de Alimentos (UTA) de la Universidad de Caldas. Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se realizaron con protocolos y procedimientos bajo normativas vigentes, cada unidad de producto se analizó individualmente y los resultados fueron comparados respecto a especificaciones técnicas vigentes (AOAC, 1984; ICONTEC, 1998; ICMFS, 1999; Llanos, 2002; ICONTEC, 2002; MPS, 2006; FDA, 2009).

2.1.4.1. Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos realizados fueron: densidad, pH, acidez (ácido láctico), índice crioscópico y porcentajes de grasa, proteína, extracto seco total y extracto seco desengrasado.

2.1.4.2. *Análisis microbiológicos*

Los análisis microbiológicos realizados fueron: recuento en placa de mesófilos aerobios, NMP de coliformes totales, NMP coliformes fecales, cualitativa para antibiótico, recuento de células somáticas (mastitis), presencia de *Escherichia coli*. Los resultados de laboratorio se presentan bajo un código de identificación por razones de confidencialidad de las 11 empresas participantes en este estudio.

2.1.5. *Análisis estadístico* (Hernández, 1997)

Los datos tomados por duplicado para cada una de las 11 empresas, fueron promediados para obtener un total de 11 muestras para analizar. Se calcularon los valores mínimo, máximo, el rango, la media y la desviación estándar y se organizaron en 3 tablas: (1) Análisis fisicoquímicos, (2) Análisis microbiológicos y (3) Detección de *Escherichia coli* y de antibiótico.

Posteriormente, en una cuarta tabla se resumen la calificación del cumplimiento (= 1) o no (= 0) de las normas seleccionadas. Para la discusión de los resultados, las variables se clasificaron en 4 grupos: (a) calidad higiénica, (b) calidad composicional, (c) calidad sanitaria y (d) contaminación química y adulteraciones.

3. **Resultados y Discusión**

La Tabla 1 muestra los resultados de los análisis fisicoquímicos de densidad, pH, acidez (ácido láctico), índice crioscópico, grasa, proteína, extracto seco total y extracto seco desengrasado. La Tabla 2 muestra los resultados de los análisis microbiológicos de recuento de mesófilos aerobios, recuento de células somáticas, coliformes totales y coliformes fecales. La Tabla 3 muestra los resultados de la detección de *Escherichia coli* y de antibióticos. La Tabla 4 muestra las calificaciones del cumplimiento de las normas seleccionadas.

Tabla 1
Análisis fisicoquímicos (n = 11)

Análisis realizado	Rango	Min.	Max.	Media	DE
Densidad 15/15°C [g/ml]	0,004	1,026	1,030	1,029	0,002
pH	1,060	5,850	6,910	6,618	0,308
Acidez (ácido láctico) [% m/v]	0,060	0,150	0,210	0,174	0,020
Índice crioscópico [°C]	0,050	-0,520	-0,470	-0,494	0,018
Grasa [% m/v]	1,960	3,340	5,300	4,026	0,606
Proteína [%]	0,460	2,720	3,180	2,934	0,136
Extracto seco total [% m/m]	1,500	11,240	12,740	11,880	0,451
Extracto seco desengrasado [% m/m]	0,920	7,440	8,360	7,870	0,309

Mín: mínimo, Max: máximo, DE: desviación estándar.

Tabla 2
Análisis microbiológicos (n = 11)

Análisis realizado	Media	DE
Recuento mesófilos aerobios [UFC/ml]	1.836.364	1.782.180
Recuento células somáticas [cels/ml]	685.454	316.262
Coliformes totales [NMP/ml]	2.400	0
Coliformes fecales [NMP/ml]	1.767	1.084

DE: desviación estándar

Tabla 3
 Detección de *Escherichia coli* y de antibiótico (n = 11)

Resultado detección	<i>Escherichia coli</i>		Antibiótico	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Negativa	1	9,1	7	63,6
Positiva	10	90,9	4	36,4
Total	11	100,0	11	100,0

Tabla 4
 Calificación del cumplimiento de las normas^{a,b} seleccionadas

Análisis realizado	Media	Parámetro normas ^{a,b}	Calificación ^c
Densidad 15/15°C [g/ml]	1,029	1,030-1,033	0
Acidez (ácido láctico) [% m/v]	0,174	0,13-0,17	1
Índice crioscópico [°C]	-0,494	-0,50 a -0,530°C	0
Grasa [% m/v]	4,03	3,00	1
Extracto seco total [% m/m]	11,88	11,30	1
Extracto seco desengrasado [% m/m]	7,87	8,30	0
Recuento mesófilos aerobios [UFC/ml]	1.836.364	100.000	0
Recuento células somáticas [cels/ml]	685.464	700.000	1
Coliformes fecales [NMP/ml]	1.767	150.000	1
Detección de <i>Escherichia coli</i> (%)	90,9	Ausente	1
Detección de antibióticos (%)	36,4	Ausente	0

^a Decreto 616 de 2006, Ministerio de la Protección Social de Colombia.

^b Grade A Pasteurized Milk Ordinance. (2009). Food and Drug Administration.

^c 0, No cumple; 1, Cumple.

La discusión de resultados se efectuó desde su calidad higiénica, calidad composicional, calidad sanitaria y contaminación química y adulteraciones.

(a) Calidad higiénica: la leche de las 11 empresas presentó resultados de acidez preocupantes, solo el 54,5% de las leches crudas cumplen el rango de la norma (13-17°Dornic) y el resto de muestras que no cumplen proviene de leches crudas que se suministran a todas las empresas de quesos y algunas de leche pasteurizada. Si se revisa el recuento de mesófilos solo dos muestras (18%) se pueden considerar dentro del rango de categoría A (100000 UFC/ml máximo). Teniendo en cuenta el Decreto No. 1880 del Ministerio de la Protección Social (MPS, 2011) que señala los requisitos para la comercialización de leche cruda para consumo humano directo en el territorio nacional y la Norma NTC 399, solo 6 muestras (54,5%) cumplirían los requisitos para la comercialización de leche cruda que tenga consumo humano directo en el territorio nacional (700 UFC/ml).

La higiene también se puede examinar con la presencia de coliformes, porque solo dos muestras de leches crudas de empresas (18%) presentaron recuentos bajos menores a 1000 UFC/ml. La leche cruda se contamina por lo general con bacterias coliformes, y pueden provenir del estiércol, polvo, suelo, agua, insectos o por los malos hábitos de higiene de los ordeñadores (Ruegg, 2004). Las altas cuentas bacterianas de coliformes son indicativas de condiciones insanas de producción, mal almacenamiento y transporte y producen defectos en la leche (sabores desagradables), razones suficientes para impedir unas buenas prácticas de producción. La confirmación de la presencia de peligros por patógenos está dada por la presencia de *Escherichia coli* en el 90,1% de las muestras.

Lo anterior permite inferir que desde el punto de vista higiénico la leche cruda que se provee a la industria láctea de Caldas tiene deficiencias por alta acidez, alto recuento de mesófilos y presencia de patógenos.

(b) Calidad composicional: con respecto a los contenidos de grasa, el 45% de las muestras de leche cruda de las empresas se encontraban con un porcentaje mayor a 4%. En cuanto al SNG o Extracto seco desengrasado, solo el 45% de las empresas cumple con la norma de mínimo 8,3% y el 55% restante por debajo del 8%. Para el caso de los Sólidos totales o Extracto seco total, la norma establece un mínimo del 11,3% y tan solo el 10% de las muestras de leche cruda de las empresas están por debajo de la norma. Lo anterior significa que desde el punto de vista composicional la leche se puede considerar aceptable.

Un hecho relacionado con el desequilibrio químico de la leche es la relación proteína/grasa; esta relación se recomienda menor al 0,75 y el promedio de las muestras estudiadas arroja una relación de 2,9/4,0 para una razón de 0,725, cercano pero dentro del rango aceptado, por lo que esta no es la causa de los desequilibrios químicos que se puedan presentar en la leche cruda.

(c) Calidad sanitaria: si se revisa la prueba de mastitis en las muestras de leche cruda de 11 empresas, el 63,6% están por debajo de los 750.000 cel/mL (FDA, 2009), mientras que un 36,4% aunque están por debajo, son leches con contaminación evidente de mastitis sub-clínica. Otra prueba sanitaria es el contenido de antibióticos: al examinar los resultados cualitativos, de las 11 muestras de leche cruda pertenecientes a las empresas, un 35,4% dieron positivas para presencia de antibióticos, lo cual no está permitido.

(d) Contaminación química y adulteraciones: la verificación preliminar, muestra que la mayor parte de la leche cruda tiene una densidad en promedio (1.029 g/ml) que se encuentra por debajo del límite inferior de la norma (1.030 g/ml), reflejando leches ligeramente aguadas. Al revisar los datos, la prueba de Índice crioscópico para leche, evidencia que un 45,4% de las muestras tienen sospecha de aguado (-0,494°C) al estar por debajo de -0,51°C. Esto demuestra que la tendencia es la adulteración por aguado de la leche, porque la presencia de neutralizante es despreciable (1% de las muestras).

Las condiciones de calidad que presenta la leche cruda de Caldas que utiliza la industria láctea tiene altas posibilidades de tener inestabilidad proteica para procesos de ultra-pasterización, porque la prueba de acidez no es suficiente para detectar este problema, así se encuentren con acidez dentro del rango legal (13-17°Dornic). Esta anomalía depende más de la elevada carga bacteriana por malas condiciones de refrigeración o falta de condiciones higiénicas, leches de composición anormal y leches con desequilibrio

salino (leches de ordeño al comienzo y final de la lactancia) y cantidades apreciables de células somáticas por mastitis (Donnelly y Horne, 1986).

Los resultados de la calificación obtenida muestran globalmente un 54,5% de cumplimiento de los parámetros de calidad para la leche cruda. La falta de un cumplimiento alto de las normas se debe a problemas de higiene: alto recuento de mesófilos, presencia de *Eschericia coli* en la mayoría de las muestras; problemas sanitarios con recuento de células somáticas con valor promedio cercano al valor máximo exigido por las normas (750.000 cel. som./ml), la presencia de antibiótico en la tercera parte de las muestras y sospechas de adulteración por aguado que se confirma con la baja densidad y un punto crioscópico superior al límite máximo de la norma.

4. Conclusiones

Se lograron estudiar 11 empresas de lácteos en el departamento de Caldas desde el punto de vista de los parámetros de las normas fisicoquímicas y microbiológicas, deduciéndose de los resultados que hay problemas de calidad e inocuidad de la leche cruda en la industria láctea del departamento de Caldas, que generan riesgos de que pueden afectar la calidad de los derivados y la salud de los consumidores.

Las principales deficiencias de leche cruda encontradas fueron la contaminación elevada de microorganismos, presencia de patógenos y residuos de antibióticos, desequilibrio químico (inestabilidad proteica) que van en contra de la eficiencia de los tratamientos térmicos, operaciones de cuajado de los quesos, fermentación en bebidas lácteas y la vida útil de los productos.

Por lo anterior, es sugerente recomendar a la industria láctea de Caldas, revisar las medidas de control higiénico y técnico en los hatos de los proveedores, de manera que cumplan con las buenas prácticas de ordeño, el uso de equipos de conservación con frío, buenas prácticas de sanidad animal y uso de medicamentos veterinarios (mastitis), control de los malos hábitos durante el transporte, controlando el aguado y adulteraciones químicas de la leche cruda.

Agradecimientos

A la Unidad Tecnológica de Alimentos (UTA) de la Universidad de Caldas. A las empresas que participaron en este estudio (en orden alfabético y sin ninguna correspondencia al orden de los resultados): Alpina, Celega, Centrolac, Lácteos Montealegre, Lácteos San Félix, Meals de Colombia, Multialimentos (Inmalac), Normandy, Prolacsa, Quesera El Dorado y Quesera La Fortuna.

Referencias

- Arcila R.C., Arcila J.L., Ciro P.C. (2005). Diagnóstico regional de la cadena Láctea (Caldas, Quindío, Risaralda). Documento del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Manizales.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). (1984). *Official Methods of Analysis*. 14th Edition. AOAC International: Washington DC, USA. pp. 41-43.
- Cabrera M., Rivera B. (2001). Caracterización de los indicadores de calidad de leche en los sistemas de producción lechera del área de influencia de Manizales. Manizales, Colombia. 19 p.
- Donnelly W.J., Horne D.S. (1986). Relationship between ethanol stability of bovine milk and natural variations in milk composition. *Journal of Dairy Research*, 53: 23-33.
- Food and Drug Administration (FDA). (2009): Grade A Pasteurized Milk Ordinance. Disponible en: <http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodSafety/Product-SpecificInformation/MilkSafety/NationneonInterstateMilkShipmentsNCIMSMoelDocuments/UCM209789.pdf> [Visitada en diciembre 2011].
- Hernández R. (1997). *Metodología de la Investigación*. Editorial McGraw-Hill: México. 505 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). (1996). Leche y productos Lácteos. Guía para muestreo. Norma Técnica Colombiana No. 666. 41 p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). (1998). Manual de métodos fisicoquímicos para el control de calidad de la leche y derivados. Santafé de Bogotá. pp. 13-16.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). (2002). Norma Técnica Colombiana NTC-399: Productos lácteos. Leche cruda. Cuarta actualización. Bogotá. 10 p.
- Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA). (2003). Instructivo para toma de muestras y análisis de productos alimenticios y bebidas alcohólicas en puertos. Bogotá. 2003. pp. 1-18.
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMFS). (1999). *Microorganismos de los alimentos 2. Métodos de Muestreo para análisis microbiológicos: Principios Aplicaciones específicas*. 2da Edición. Editorial Acribia, S.A.: Zaragoza, España. pp. 85-95, 117.
- Llanos G. (2002). Determinación de residuos de antibióticos en la leche fresca que consume la población de Cajamarca, Perú. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, 2: 35-43.
- Ministerio de la Protección Social –MPS– de Colombia. (2006). Decreto No. 616. Reglamento técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendi, importe o exporte en el país. *Diario oficial de Colombia*, 46.196.
- Ministerio de la Protección Social –MPS– de Colombia. (2011). Decreto No. 1880. Requisitos para la comercialización de leche cruda para consumo humano directo en el territorio nacional.
- Piñeros G., Téllez G., Cubillos G.A. (2005). La calidad como factor de competitividad en la Cadena Láctea. Proyecto “Estudio de calidad de la leche producida en la región del alto Chicamocha. Dpto. de Boyacá”, financiado por la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá-DIB. Bogotá. pp. 11-15.
- Ruegg P. (2004). *Manejo hacia la calidad de la leche*. Madison: Universidad de Wisconsin. 10 p.