

Caracterización de la calidad higiénica de la leche cruda producida en el norte de Antioquia, Colombia

Brayian Cuartas Martínez, William Posada, John Montoya y Mario Cerón Muñoz

*Grupo de Investigación GaMMA, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia,
Carrera 75 No. 65 - 87, Bloque 47 - 233, Medellín, Colombia.
grupogamma@udea.edu.co*

Resumen

Se evaluaron los resultados de análisis de laboratorio para 1136 muestras de tanque de enfriamiento en 197 sistemas productivos, con el objetivo de caracterizar la calidad higiénica de la leche cruda producida en el norte de Antioquia, Colombia. Los datos fueron analizados mediante un modelo aditivo generalizado, con los efectos suavizados: posición geográfica (longitud y latitud), volumen de leche, y los efectos fijos de año (2014 y 2015), época (seca: diciembre, enero, febrero, junio, julio, agosto y lluviosa: marzo, abril, mayo, septiembre, octubre, noviembre), día (lunes a viernes) y recuento de células somáticas. Se encontró que la calidad higiénica de la leche en el norte de Antioquia es afectada por la época y por el volumen de leche en los tanques de enfriamiento. Además, los mapas de posición geográfica de la calidad higiénica mostraron que los municipios ubicados más al norte de la región tienden a tener altos conteos bacterianos. Se concluye que la calidad higiénica de la leche cruda en Antioquia difiere de un municipio a otro y que es afectada notoriamente por los periodos lluviosos.

Palabras clave: bacterias, georreferenciación, producción de leche

Characterization of the hygiene quality of raw milk produced in Northern Antioquia, Colombia

Abstract

Laboratory test results from 1136 milk samples from cooling tanks in 197 farms were evaluated to characterize raw milk hygienic quality in Northern Antioquia, Colombia. Data were analyzed with a generalized additive model, with the following smoothed effects: geographical location (longitude and latitude), milk volume, and the fixed effects of year (2014 and 2015), season (dry: December, January, February, June, July, August; and rainy: March, April, May, September, October, November), day (Monday to Friday), and somatic cell counts. Hygiene quality was affected by season and milk volume in the cooling tanks. In addition, maps of geographical location and hygienic quality show that municipalities located to the north of the region tend to have high bacterial counts. In conclusion, hygiene quality of raw milk in Antioquia differs among municipalities and it is notably affected by rainy periods.

Key words: *bacterium, geo-referencing, milk production*

Introducción

La calidad de la leche cruda se puede asumir como composicional, higiénica y sanitaria. La calidad higiénica hace alusión a la carga microbiana en la leche denominada unidades formadoras de colonia (UFC), la calidad composicional hace referencia al contenido de nutrientes y la sanitaria se relaciona con el recuento de células somáticas (RCS), conceptos definidos como criterios de evaluación y pago de la leche cruda que compran las empresas transformadoras (White 2011; Murphy et al 2016; Cerón-Muñoz et al 2016; Zambrano y Grass 2008).

Las UFC alteran la vida útil del producto final (leches fluidas o derivados lácteos) y pueden llegar a perturbar la salud de los consumidores (Vásquez et al 2012). Mientras que el RCS incrementa la actividad enzimática lipolítica y proteolítica en la leche cruda, afectando sus propiedades sensoriales y el rendimiento de los procesos de transformación (Norman et al 2000). Según Ferraro (2006) y Vásquez et al (2012), la leche cruda de calidad proviene del ordeño de vacas sanas, cumple los parámetros establecidos en la norma para calidad y cantidad de componentes sólidos y posee bajas UFC y RCS.

Generalmente la calidad higiénica de la leche es alterada durante el ordeño, el almacenamiento en el tanque de frío, el transporte y durante el manejo de esta en la industria transformadora (Gran et al 2002; Bonfoh et al 2003; Sraïri et al 2009; Millogo et al 2010). Como alternativa para garantizar la calidad de la leche cruda, se advierte acerca de la adopción de buenas prácticas de ordeño y buenas

prácticas ganaderas que contrarresten los conteos de UFC a lo largo del proceso de producción (Galton et al 1986; Pankey 1989 and FAO and FIL 2012).

En Colombia la calidad higiénica de la leche cruda se evalúa con base en la resolución 0017 de 2012 (MADR 2012), por la cual se establece el sistema de pago del litro de leche al proveedor. Esta dictamina que el estándar para UFC en sistemas de lechería especializada es de 175.000 a 200.000 UFC/mL y deja a criterio de la empresa transformadora la manera en que pacta con sus proveedores las bonificaciones o sanciones por los RCS.

Generalmente la calidad higiénica de la leche es alterada durante el ordeño, el almacenamiento en el tanque de frío, el transporte y durante el manejo de esta en la industria transformadora (Gran et al 2002; Bonfoh et al 2003; Sraïri et al 2009; Millogo et al 2010). Como alternativa para garantizar la calidad de la leche cruda, se advierte acerca de la adopción de buenas prácticas de ordeño y buenas prácticas ganaderas que contrarresten los conteos de UFC a lo largo del proceso de producción (Galton et al 1986; Pankey 1989 and FAO and FIL 2012).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la calidad higiénica de la leche cruda que se produce en los sistemas lecheros del norte del departamento de Antioquia, Colombia.

Materiales y métodos

Se analizaron los resultados de muestras de tanque en el norte del Antioquía, Colombia, colectadas por medio de control lechero mensual entre los años 2014 y 2015. Las unidades de producción pertenecían a los municipios de Bello, San Pedro de los Milagros, Entreríos, Don Matías, Santa Rosa de Osos, San José de la Montaña, Belmira y Yarumal (Figura 1).

Figura 1. Mapa de los ocho municipios del norte de Antioquía, Colombia donde se colectaron las muestras

La evaluación de la calidad higiénica de las muestras se realizó en el laboratorio de calidad de leches de la Universidad de Antioquia (Medellín, Antioquia - Colombia). Para el conteo de UFC se utilizó el equipo BactoScanTM FC+ (FOSS 2013), mientras que para realizar el conteo de CS se usó el equipo CombiFossTM7 (FOSS 2016).

La recolección de los resultados de laboratorio generó una base de datos con 197 predios y con 1136 muestras de tanque de frío. La base contenía información de calidad composicional e higiénica de la leche (UFC y RCS), volumen almacenado en los tanques al momento del control lechero, y fecha del control lechero.

Se construyó un modelo aditivo generalizado, con una distribución de la probabilidad tipo Poisson para identificar los factores más influyentes en los recuentos de UFC de los predios, usando la librería *mgcv* (Wood 2011) del R-project (R Core Team 2016).

$$Y_{ijklmn} = \beta_0 + s(lon, lat_i) + s(v_j) + A_k + E_l + D_m + R_n + e_{ijklmn}$$

Donde Y_{ijklmn} son las unidades formadoras de colonia, β_0 es el intercepto, $s(lon, lat_i)$ es la función suavizada de la posición geográfica (longitud y latitud), $s(v_j)$ es la función suavizada del volumen, A_k es el efecto fijo año (2014 y 2015), E_l es el efecto fijo época (seca: diciembre, enero, febrero, junio, julio, agosto y lluviosa: marzo, abril, mayo, septiembre, octubre, noviembre), D_m es el efecto fijo día (lunes a viernes), R_n es el efecto fijo del recuento de células somáticas y e_{ijklmn} es el efecto residual.

Para caracterizar la calidad higiénica de la leche cruda, se construyeron mapas de UFC por municipio, usando las librerías *sp* (Pebesma and Bivand 2005), *aqfig* (Swall and Foley 2013) y *rgdal* (Bivand et al 2016) del R-project (R Core Team 2016). Los recuentos de UFC se separaron por época seca, época lluviosa y por año 2014 y 2015.

Resultados y discusión

Los factores relacionados con el conteo de UFC en la leche cruda fueron la época (seca o lluviosa), el año, los días de la semana, el RCS, el municipio y el volumen de leche. La época lluviosa alteró significativamente la calidad higiénica ($p < 0.05$), con incrementos de 176 mil UFC/mL (Tabla 1) sobre el promedio predicho (507 mil UFC/mL); lo que concuerda con los resultados de Srairi et al (2009) y Nateghi et al (2014) quienes observaron alteraciones en la calidad higiénica de la leche debido al aumento de la suciedad en los animales y los sitios de ordeño al llegar la época lluviosa. Sin embargo, difiere de lo reportado por Pantoja et al (2009) y Vásquez et al (2012) quienes no encontraron pruebas de que las variaciones climáticas afectaran las UFC.

Tabla 1. Valores de UFC predichos por el modelo para los factores que alteran la calidad higiénica de la leche cruda producida en el norte de Antioquia, Colombia.

Factor	UFC Predichas por el modelo
Promedio predicho del modelo	507 mil / mL
Época lluviosa	176 mil / mL
Año 2015	7.4 mil / mL
Día lunes	132 mil / mL
Día jueves	45.2 mil / mL
RCS	52 mil / mL
Volumen tanque de leche	8.97 mil / mL

El año tuvo un efecto altamente significativo ($p < 0.01$) sobre la calidad higiénica de la leche. Durante el 2015 los recuentos bacterianos aumentaron en 7.4 UFC/mL (Tabla 1). Este año se presentaron en Colombia alteraciones climatológicas, viéndose afectada la disponibilidad hídrica para actividades productivas (IDEAM 2015), condición que pudo haber alterado las rutinas de lavado de equipos e instalaciones de ordeño y por ende los conteos bacterianos.

El efecto ejercido por los días de la semana mostró que lunes y jueves presentan aumentos en los recuentos de unidades formadoras de colonia 132 y 45.2 mil UFC/mL respectivamente (Tabla 1), contrario a lo ocurrido el resto de la semana donde estos no sobrepasan el promedio estimado por el modelo.

El RCS estuvo relacionado significativamente con la calidad higiénica de la leche ($p < 0.01$), al registrarse menor cantidad de UFC cuando los RCS estuvieron por debajo de 200 mil CS/mL (Tabla 1). Esto coincidió con los resultados de Van Schaik et al (2002) quienes reportaron que sistemas productivos con bajos RCS tienden a tener un bajo recuento de UFC. A su vez, Pantoja et al (2009) reportaron que la probabilidad de que el conteo bacteriano en el tanque de leche se incremente es de 2.4 % por cada 10 mil CS/mL.

El efecto del volumen sobre la calidad higiénica fue significativo ($P < 0.05$). La mayor concentración de UFC se encontró en tanques que almacenaban alrededor de 500 L de leche cruda. Aquellos con volúmenes inferiores a los 400 L presentaron concentraciones bajas de UFC, lo que se puede explicar por la facilidad de controlar variables como la cadena de frío y BPG en sistemas productivos con baja producción. Se resalta que, a partir de 600 L de leche almacenada en el tanque de enfriamiento, las UFC disminuyeron; lo que implica que sistemas productivos con altos volúmenes de producción procuran mantener parámetros higiénicos en la producción que les permiten optimizar los ingresos por la venta de la leche cruda y adoptar la normatividad establecida para regular el pago al proveedor (Figura 2).

Figura 2. Variación de las unidades formadoras de colonia (miles/mL) con respecto al volumen de leche cruda almacenada en el tanque de enfriamiento en sistemas de producción del norte de Antioquia.

Durante la época seca del año 2014 se observaron altos conteos bacterianos concentrados en Santa Rosa de Osos, San José de la Montaña y Yarumal (Figura 3). Estos municipios se ubican al norte de la zona muestreada y se caracterizan por la baja tecnificación de los sistemas lecheros y por prácticas de ordeño que generalmente se llevan a cabo en potrero, condiciones que representan riesgo para la calidad higiénica de la leche si las BPG y las BPO no se aplican de manera disciplinada (Ruegg 2004). Mientras que durante la época lluviosa de este mismo año (Figura 3), las UFC se distribuyeron de manera que todos los municipios de la zona presentaron alguna afección de la calidad higiénica de la leche cruda.

El año 2015 expuso una dinámica diferente de las UFC en el norte antioqueño (Figura 3). Los recuentos bacterianos se hicieron más altos con respecto al año anterior, tanto en la época seca como lluviosa y se pudo notar como el norte de la zona muestreada seguía siendo el sector más afectado en la calidad higiénica de la leche cruda producida (municipios de Santa Rosa de Osos, San José de la Montaña y Yarumal). Este año se caracterizó por alteraciones climatológicas fuertes: un régimen de sequía prolongado con una llegada fuerte de las precipitaciones (IDEAM 2015), que pudieran haber tenido repercusiones negativas en las prácticas de manejo higiénico de los sitios e implementos de ordeño.

Figura 3. Mapas del conteo de unidades formadoras de colonia (UFC/mL) por municipio en el norte de Antioquia, Colombia durante las épocas seca y lluviosa de los años 2014 y 2015.

Los sistemas de producción de Santa Rosa de Osos, San José de la Montaña y Yarumal se diferenciaban de los de Bello, Entrerrios y San Pedro de los Milagros, principalmente en las prácticas de manejo del ordeño, en la infraestructura que soporta los sistemas de producción y en el tipo de proveedores de leche cruda (grandes, medianos y pequeños). Ruiz et al (2017) expusieron el concepto de nivel de intensificación (NI) para explicar estas diferencias y concluyeron que los sistemas productivos con mayor NI alcanzan una producción más alta y prestan mayor atención a los parámetros que afectan la

calidad nutricional e higiénica del producto generado. La mayoría de sistemas productivos con un NI alto se concentran al sur de la región muestreada, lo que estaría explicando el hecho de que los municipios más al norte de esta presenten altas UFC en la leche cruda que producen.

Conclusiones

- La calidad higiénica de la leche cruda en Antioquia difiere de un municipio a otro. Aquellos al norte del departamento tuvieron conteos bacterianos más altos, producto de la baja tecnificación de la actividad lechera.
- Los períodos lluviosos afectan de manera directa las UFC de la leche cruda almacenada en los tanques de enfriamiento en el norte antioqueño.

Agradecimientos

Este artículo hace parte del proyecto “Fortalecimiento de la producción de la cadena láctea del distrito Norte Antioqueño”, convenio N° 2012AS180031 firmado entre La Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento de Antioquia, La Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín) y La Universidad de Antioquia, con recursos del Sistema General de Regalías- SGR. Se recibió el apoyo del Comité para el desarrollo de la investigación- CODI (Estrategia para la Sostenibilidad ES84160119 grupo GaMMA). Al programa de jóvenes investigadores Colciencias (convocatoria N° 706 de 2015).

Referencias

Bonfoh B, Wasem A, Traoré A N, Fané A, Spillmann H, Simbé C F, Alfaroukh I O, Nicolet J, Farah Z and Zinsstag J 2003 Microbiological quality of cows milk taken at different intervals from the udder to the selling point in Bamako (Mali). *Food Control* 14:495-500.

Cerón-Muñoz M F, Chaves-Galeano F P y Palacio L G 2016 Paradigma de la valoración de pago de leche cruda: calidad composicional, higiénica y sanitaria en Colombia. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 28(11). <http://www.lrrd.org/lrrd28/11/cero28202.html>

FAO and FIL 2012 Guía de buenas prácticas en explotaciones lecheras. Directrices FAO: Producción y sanidad animal. Roma, N°8. <http://www.fao.org/docrep/015/ba0027s/ba0027s00.pdf>

Ferraro D 2006 Concepto de calidad de leche: su importancia para la calidad del producto final y para la salud del consumidor. Seminario Internacional de la Calidad de la Leche y Prevención (Memorias). Consejo

Nacional de la Calidad de la Leche y Prevención de la Mastitis CNLM. http://www.aprocal.com.ar/wp-content/uploads/calidad_de_leche.htm.pdf

FOSS 2013 BactoScan™ FC + the approved rapid method for determination of total bacteria in raw milk. Denmark, DK-3400 Hilleroed, Foss Allé 1. <http://www.foss.dk/industry-solution/products/bactoscan-fc>

FOSS 2016 CombiFoss™ 7 Herd-improvement and payment testing in one integrated unit. Denmark, DK-3400 Hilleroed, Foss Allé 1. <http://www.foss.dk/industry-solution/products/combifoss-7>

Galton D M, Peterson L G and Merrill W G 1986 Effects of premilking udder preparation practices on bacterial counts in milk and on teats. *Journal of Dairy Science* 69(1):260-266.

Gran H M, Mutukumira A N, Wetlesen A and Narvhus J A 2002 Smallholder dairy processing in Zimbabwe: hygienic practices during milking and the microbiological quality of the milk at the farm and on delivery. *Food Control* 13:41-47.

IDEAM – Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de Colombia 2015 Anuario climatológico 2015. http://www.ideam.gov.co/documents/21021/299660/Anuario_Climatologico_2015.pdf/ea469095-34a1-442f-bfb4-741f0df69c32?version=1.0

MADR-Ministerio de agricultura y desarrollo rural 2015 Resolución 0077 de 2015 Por la cual se modifica la resolución 17 de 2012. Colombia. <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resolucion%20%20077%20de%202015.pdf>

Millogo V, Svennersten Sjaunja K, Ouédraogo G A and Agenäs S 2010 Raw milk hygiene at farms, processing units and local markets in Burkina Faso. *Food Control* 21:1070-1074.

Murphy S C, Martin N H, Barbano D M and Wiedmann M 2016 Influence of raw milk quality on processed dairy products: How do raw milk quality test results relate to product quality and yield. *Journal of Dairy Science* 99(12):10128-10149.

Nateghi L, Yousefi M, Zamani E, Gholamian M and Mohammadzadeh M 2014 The effect of different seasons on the milk quality. *European Journal of Experimental Biology* 4(1):550-552. <http://www.imedpub.com/articles/the-effect-of-different-seasons-on-the-milk-quality.pdf>

Norman H D, Miller R H, Wright J R and Wiggans G R 2000 Herd and state means for somatic cell count from dairy herd improvement. *Journal of Dairy Science* 83:2782-2788.

Panke J W 1989 Premilking udder hygiene. *Journal of Dairy Science* 72:1308-1312.

Pantoja J C F, Reinemann D J and Ruegg P L 2009 Associations among milk quality indicators in raw bulk milk. *Journal of Dairy Science* 92:4978-4987.

Ruegg P L 2004 Managing for milk quality. University of Wisconsin – Madison. http://milkquality.wisc.edu/wp-content/uploads/2011/09/managing-for-milk-quality_english.pdf

Ruiz J F, Cerón-Muñoz M F, Barahona-Rosales R y Bolívar-Vergara D M 2017 Caracterización de sistemas de producción bovina de leche según el nivel de intensificación y su relación con variables ambientales y sociales asociadas a la sustentabilidad. *Livestock Research for Rural Development* 29(1). <http://www.lrrd.org/lrrd29/1/boli29007.html>

Sraïri M T, Benhouda H, Kuper M and Le Gal P Y 2009 Effect of cattle management practices on raw milk quality on farms operating in a two-stage dairy chain. *Tropical Animal Health and Production* 41:259-272.

Van Schaik G, Lotem M and Schukken Y H 2002 Trends in somatic cell counts, bacterial counts, and antibiotic residue violations in New-York state during 1999-2000. *Journal of Dairy Science* 85:782-789.

Vásquez J, Loaiza E y Olivera M 2012 Calidad higiénica y sanitaria de la leche cruda acopiada en diferentes regiones Colombianas. *Revista Orinoquía* 16(2):13-23. <http://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/251/736>

White C H 2011 Milking and handling of raw milk, effect of storage and transport on milk quality. *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)*:642-648.

Zambrano J J y Grass-Ramírez J F 2008 Valoración de la calidad higiénica de la leche cruda en la asociación de productores de leche de SOTARÁ – ASPROLESO, mediante las pruebas indirectas de resazurina y azul de metileno. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias* 6(2):56-66. <http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/view/85/69>

Received 19 April 2017; Accepted 12 July 2017; Published 1 September 2017