

CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LECHES CRUDAS EN EMPRESAS GANADERAS DEL SISTEMA DOBLE PROPÓSITO EN MONTERÍA (CÓRDOBA)

PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL QUALITY OF RAW MILK IN LIVESTOCK ENTERPRISES DUAL PURPOSE SYSTEM IN MONTERIA (CORDOBA)

Alfonso Calderón¹, Virginia Rodríguez², Germán Arrieta³, Nicolás Martínez⁴, Oscar Vergara⁵

¹M.V.Z, M.Sc, Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Investigaciones Biológicas del Trópico (IIBT), Montería, Colombia, alcaran1@yahoo.com; ²Bacteriologa, M.Sc, Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias de la Salud, Instituto de Investigaciones Biológicas del Trópico (IIBT), Montería Colombia, consuelorr1@yahoo.com; ³Microbiólogo, M.Sc, Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Investigaciones Biológicas del Trópico (IIBT), Montería, Colombia arrietager@yahoo.com; ⁴M.V.Z, M.Sc, Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de Producción Animal Tropical, Montería, Colombia nicon126@gmail.com.co; ⁵Zoot, Esp, Dr. Sc, Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de Producción Animal Tropical, Montería, Colombia, overgara@correo.unicordoba.edu.co

Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 15(2): 399 - 407, 2012

RESUMEN

La mastitis es la inflamación de las glándulas mamarias, como respuesta para neutralizar agentes infecciosos y retornar a la función normal. Esta respuesta inflamatoria afecta la síntesis de los diferentes componentes, lo que reduce la calidad de la leche. El propósito de este estudio fue determinar calidad fisicoquímica y microbiológica de la leche cruda de tanques y la sanidad de las ubres, en 15 empresas del sistema doble propósito, en Montería (Córdoba), escogidas por muestreo no probabilístico y un estudio transversal. Se recolectó una muestra de leche de tanque en cada una de las empresas involucradas en el estudio. Se determinó densidad, porcentajes de acidez, proteína, lactosa, mesófilos, recuento de células somáticas y la prevalencia de la mastitis, por medio de la prueba del CMT. Por extrapolación, se calcularon las pérdidas económicas. El análisis estadístico, se realizó mediante el programa SAS. Los valores fisicoquímicos, se encontraron dentro de los valores normales. El recuento de mesófilos fue de 160.347 ± 213.354 Ufc/mL y el de células somáticas de 345.133 ± 302.241 CS/mL. En todas las empresas, la prevalencia de la mastitis varió desde el 13,8% hasta el 74,7%. Se encontró regresión lineal entre la prevalencia de la mastitis y el recuento de células somáticas ($R^2=0,867$). En siete de estas empresas, el recuento de células somáticas fue mayor a 250.000 CS/mL, lo cual, amerita la implementación inmediata de programas de prevención y de control de la mastitis bovina.

Palabras clave: Calidad fisicoquímica, calidad microbiológica, sanidad de la ubre.

SUMMARY

Mastitis is the inflammation of the mammary glands in response to neutralize infectious agents and return to normal function. This inflammatory response decreases the synthesis of different components, which reduce the milk quality. The purpose of this study was to determine physicochemical and microbiological quality of tank milk and the udder health in 15 dual-purpose system enterprises in Monteria (Cordoba), chosen by non-probability sampling and a cross-sectional study. A tank milk sample in each of the enterprises involved in the study was collected. The density, acidity percentage, protein, lactose, mesophilic and somatic cell count was determined. Also, the prevalence of mastitis and, by extrapolation, economic losses were calculated. Statistical analysis was executed using SAS software. Physicochemical values were within normal values. Mesophilic count was 160.347 ± 213.354 Cfu/mL and somatic cell count of 345.133 ± 302.241 SC/mL. In all enterprises the prevalence of mastitis varied from 13.8% to 74.7%. Linear regression was found between the prevalence of mastitis and somatic cell count ($R^2=0,867$). In seven of these enterprises, somatic cell count was up to 250.000 SC/mL, which warrants the immediate implementation of prevention and control of bovine mastitis.

Key words: physic-chemical quality, microbiologic quality, udder health.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, se presentan dos sistemas de producción de leche: el sistema especializado y el doble propósito; según la encuesta nacional agropecuaria (ENA, 2009), se estimó que este último sistema representando el 50% del total producido. En Córdoba, se presenta un desconocimiento de la calidad físico-química y microbiológica de la leche fresca. Calderón *et al.* (2006, 2007) muestran valores superiores o inferiores respecto a los mínimos establecidos en el decreto 616 del 28 de febrero del 2006.

Las actuales políticas agropecuarias para el sector lácteo (Documentos Conpes 3376 y 3675, Resolución No 00012 del 2007 y Resolución No 00017 del 2012) y los retos de los tratados de libre comercio (TLC) deben desarrollar instrumentos que permitan disminuir los costos de producción, incrementar la competitividad, productividad (volumen - calidad), proteger la salud de las personas y fortalecer la capacidad para obtener la admisibilidad de la leche a mercados más exigentes.

El Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2005) reportó que el 47,2% de los colombianos, entre 2 y 64 años de edad, consumen diariamente leche líquida (higienizada o no), por lo tanto, la leche constituye uno de los principales elementos de la canasta familiar (ENSIN, 2005).

La leche de excelente calidad debe presentar un porcentaje de proteína >3,2%, grasa >3,5, sólidos totales >12,2 un bajo número de mesófilos <50.000 Ufc/mL y de células somáticas <100.000 CS/mL (Calderón *et al.* 2006), libre de inhibidores y se debe asegurar su inocuidad (MinProtección, Decreto 616). Entre las propiedades físicas está la gravedad específica o densidad, que expresa el peso de un litro de leche en kilogramos; se ha establecido que la densidad de la leche en Colombia es de 1,030 a 1,033g/mL a 15°C (MinProtección, Decreto 616). Valores muy bajos, se puede deber a la adición de agua y muy altos a la falta de proteína y energía (Gerber, 1994).

La acidez se modifica por la transformación de la lactosa en ácido láctico por acción de *Streptococcus* lácticos (Nasanovsky *et al.* 2001) y se expresa como porcentaje de ácido láctico (Chacón, 2006). En Colombia, la leche fresca posee una acidez normal entre 0,13 a 0,18% de ácido láctico (MinProtección, Decreto 616). El principal componente químico es la caseína, conformada por α -caseína, β -caseína y κ -caseína, que son el 80% de las proteínas totales. Dentro de las proteínas del suero están α -lactoalbúmina, β -lactoglobulina, inmunoglobulinas y seroalbúminas (Baró *et*

al. 2001). La grasa es una mezcla de triglicéridos, formados por ácidos grasos; su concentración en la leche de vacas es de, aproximadamente, del 4%, aunque hay una variación por grupo racial (Magarinos, 2000).

La mastitis es la inflamación de las glándulas mamarias, como respuesta para neutralizar agentes infecciosos, reparar el epitelio alveolar y retornar a la función normal (Radostits *et al.* 2002); por la presencia o por la ausencia de signos clínicos, se puede clasificar en clínica y en subclínica; en ambos casos, existe un incremento de las células somáticas (Philpot & Nickerson, 2000; Saran & Chaffer, 2000; Radostits *et al.* 2002).

Las células somáticas corresponden a células epiteliales y algunos leucocitos (macrófagos, neutrófilos y linfocitos); en la mastitis, se presenta lisis de la barrera endotelial, lo que origina una mayor difusión de componentes del plasma sanguíneo al lumen de los acinos (Blowey & Edmonson, 1999; Saran & Chaffer, 2000; Philpot & Nickerson, 2000). En una leche sin mastitis subclínica esta celularidad es baja, pero en leches procedentes de cuartos con mastitis subclínicas o clínicas, su número se incrementa y su proporción cambia, de acuerdo a la severidad de la inflamación (Fernandes & Oliveira, 2006). La función de estas es lisar a los patógenos y remover los desechos producidos en el foco de infección, mediante proteasas, lipasas y fosfolipasas; enzimas e inhibidores bacterianos, que se incorporan a la leche, capaces de acelerar la descomposición de la proteína y de la grasa, confiriéndole un sabor desagradable, reduciendo la vida útil de los derivados lácteos en las góndolas de los supermercados (Saran & Chaffer, 2000; Ma *et al.* 2000).

El objetivo del presente estudio fue determinar calidad fisicoquímica, microbiológica de la leche cruda de tanque y la sanidad de las ubres, en algunas empresas del sistema doble propósito en Montería, Córdoba, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 15 empresas ganaderas del sistema doble propósito en Montería, por medio de un estudio epidemiológico transversal y un muestreo no probabilístico (Martín *et al.* 1987), en 1065 vacas en producción, se evaluó la sanidad de la ubre, por medio de la prueba de California para mastitis (CMT), siguiendo la metodología descrita por Philpot & Nickerson (2000). Igualmente, ese mismo día se recolectó una muestra de leche de tanque de la siguiente forma: en donde la leche era almacenada en tanques refrigerados, una vez finalizado el ordeño, previa agitación por diez minutos, se obtuvo una muestra de leche por medio de un cucharón de acero inoxidable estéril; y en donde la leche fue almacenada en cantinas, de cada una de las cantinas y por medio de un agitador manual de acero inoxidable estéril, se mezcló

durante 3 o 4 minutos, seguidamente con el cucharón de acero inoxidable estéril, se tomó una submuestra de 15mL, que se mezclaron en un recipiente de acero inoxidable estéril; posteriormente, se mezclaron las submuestras y se tomaron de estas una muestra de leche, de 15mL. Todas las muestras, se recolectaron en un tubo estéril, previamente rotulado y, de inmediato, se conservaron en refrigeración (4°C), hasta su procesamiento en el laboratorio de Lactología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de Córdoba, (Colombia).

A cada una de las muestras se les determinaron los parámetros fisicoquímicos por duplicado. La densidad, se determinó por medio del termolactodensímetro de Queveny y su lectura se corrigió a 15°C (Icontec, 1993). La acidez, se evaluó por titulación con hidróxido de sodio 0,1N (Icontec, 1993) y se reportó como porcentaje de ácido láctico (a. láctico); el porcentaje de grasa, por medio del método de Gerber (Gerber, 1994); el porcentaje de proteína, se obtuvo por medio de un analizador ultrasónico de leche (Biolac 60) y el de sólidos totales (% ST), por medio de la fórmula de Babcock (Jaramillo *et al.* 1999). El recuento de microorganismos aerobios mesófilos, se determinó por medio del recuento estándar en placa (Invima, 1998), usando un sistema comercial (Petrifilm®) y el recuento de células somáticas (RCS), por medio de un contador óptico de células, que emplea yoduro de propidio (DeLaval, 2005).

En cada una de las fincas, se implementó una encuesta, donde se tomó información general del predio y algunos aspectos sobre el proceso del ordeño y la conservación de la leche.

La información, se analizó a través de estadística descriptiva y regresión lineal simple. Todos los procedimientos estadísticos, se efectuaron mediante el software SAS. Para calcular las pérdidas económicas, se extrapolo lo reportado por Philpot & Nickerson (1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de la densidad de la leche corregida a 15°C en las empresas ganaderas evaluadas fue de 1,032 g/mL (Tabla 1), valor que se encuentra dentro del rango (1,030-1,033 gr/ml), establecido como normal en Colombia (MinProtección, Decreto 616). Valores iguales de la densidad han sido reportados en la región del Magdalena medio y de 1,030 gr/mL para la Sabana de Bogotá (Calderón *et al.* 2006) y de 1,030g/mL, en Montería (Calderón *et al.* 2007). Bernal *et al.* (2007), en México, observaron que las mayores densidades se asociaron con altos porcentajes de proteína y de sólidos totales.

La acidez promedio en las empresas ganaderas fue de 0,17% de ácido láctico (Tabla 1). Este valor se encuentra dentro del rango (0,13-0,17% de a. láctico) considerado como normal en Colombia (MinProtección, Decreto 616). Calderón *et al.* (2006) reportaron un promedio inferior (0,12% de a. láctico) en la Sábana de Bogotá, debido, posiblemente, a las mejores condiciones de higiene durante el ordeño y a la conservación de la leche en refrigeración. Igualmente, Calderón *et al.* (2007) determinaron un promedio de 0,19% de a. láctico en leche en Montería, donde el incremento en la acidez se explicó por la falta de refrigeración de la leche, almacenamiento en materiales no apropiados y a la alta temperatura ambiental en la zona.

Sólo en el 26,6 % (n=4) de las empresas del actual estudio, la acidez determinada fue mayor a 0,17% de ácido láctico, lo que podría explicarse por el ordeño y almacenamiento de la leche en materiales no apropiados (plástico), deficiencias en la desinfección de los pezones, uso de materiales no apropiados (tela, plástico) en la filtración de la leche por ser difíciles de desinfectar y esterilizar.

El promedio de proteína fue de 3,28% (Tabla 1), con un valor mínimo del 3,09% y un máximo de 3,65%; el promedio del

Tabla 1. Promedio y desviación estándar (DE) de la leche en 15 empresas ganaderas doble propósito, en Montería (Colombia).

Parámetro	Promedio	DE
Densidad 15%/15°C g/mL	1,032	0,001
Acidez expresada como ácido láctico (%)	0,17	0,01
Proteína (%)	3,28	0,17
Grasa (%)	3,70	0,23
Lactosa (%)	4,90	0,23
Sólidos totales (%)	11,45	0,75
Mesófilos (Ufc/mL)	160.346	213.354
Células somáticas (CS/mL)	345.133	302.241

presente estudio fue superior al 3,12%, para el Valle del Sinú, reportado por Calderón *et al.* (2006) e, inferior al 3,6% de Calderón *et al.* (2007), en Montería. El promedio del porcentaje de grasa fue del 3,7%, valor superior al 3%, aceptado como mínimo para leches en Colombia (MinProtección, Decreto 616) y valores similares a los reportes del 3,44% y 3,66% por Calderón *et al.* (2006), en el Sinú y Calderón *et al.* (2007), en Montería. En todas las empresas ganaderas, el porcentaje de grasa fue superior al promedio aceptado en el decreto 616. Este hallazgo, se puede explicar, debido al prototipo racial usado en estas empresas ganaderas que es *Bos indicus* x *Bos taurus* (Bríñez & Castro, 2008).

La lactosa, principal osmoregulador de la leche, alcanzó un promedio de 4,90% (Tabla 1), porcentaje superior al 4,74 y 3,38%, reportado por Calderón *et al.* (2006), para la faja litoral. Este promedio, se encuentra dentro de los valores de la leche de los bovinos, que oscila entre 4,4 y 5,3. Se ha propuesto que el porcentaje de lactosa en los bovinos sea del 4,7% (Magarinos, 2000).

El promedio del porcentaje de sólidos totales fue de 11,45%. En el 60% (n=9) de las empresas ganaderas fue menor al promedio; esto se puede deber a la disminución en la síntesis de los diferentes componentes, como consecuencia de la mastitis bovina (Fox *et al.* 1985; Sandholm *et al.* 1995; Ma *et al.* 2000), ya que la prevalencia de esta varió desde el 13,8% hasta 74,7%, lo que amerita económicamente la implementación inmediata de programas de prevención y de control de la mastitis bovina.

Los mesófilos indicadores de la calidad microbiológica de la leche (Chacón, 2006) y el promedio de 160.346 Ufc/mL, se indican en la tabla 1; pero al comparar el recuento de estos, de acuerdo al tipo de conservación (Tabla 2), se encontró que cuando la leche fue conservada en tanque de refrigeración el promedio fue de 74.514 ± 125.222 , con un valor mínimo de 8.000 y un máximo de 356.000 Ufc/mL y el promedio de cantina de 235.450 ± 252.559 ; con un valor mínimo de 59.000 y un máximo de 804.000 Ufc/mL. El valor promedio menor de los mesófilos de leche en tanque respecto al de cantina, se puede deber a que el enfriamiento de la leche, a 4°C, tiene por objetivos inhibir el crecimiento bacteriano, ampliar el tiempo de almacenado en la finca para disminuir los costes de transporte de la leche (DeLaval, 2006); también por la implementación de protocolos de lavado, de desinfección y la ejecución de buenas prácticas en el ordeño, con el fin de ordeñar pezones limpios, secos y sanos (Philpot & Nickerson, 2000), exceptuando una finca, donde estas prácticas no estaban siendo implementadas en forma eficiente. Por su parte, Ramón *et al.* (2011), en el departamento de Antioquia, halló un recuento de mesófilos de 218000 Ufc/mL, valor que corresponde para una leche apta para el consumo humano, pero que se puede mejorar

aún más aspectos en la rutina del ordeño, para obtener una leche de mejor calidad. Posada *et al.* (2010) hallaron que el promedio en leche de tanque fue de 316.900 Ufc/mL y, concluyeron, que el principal punto de riesgo para el incremento de los mesófilos es el tiempo que transcurre desde el inicio del ordeño hasta el enfriamiento de la leche, razón por la cual, este tiempo se debe disminuir.

Signorini *et al.* (2008) concluyeron que el escaso incremento de mesófilos totales determinados en muestras de leche obtenidas de la ubre y del tanque de almacenamiento es una evidencia que el proceso de ordeño y el enfriamiento de la leche son eficientes para inhibir el crecimiento bacteriano.

Jayarao *et al.* (2004) afirmaron que un alto recuento de mesófilos totales está correlacionado con malas condiciones de higiene durante la rutina de ordeño, asociado a ubres sucias, pezones mal higienizados en el pre y post ordeño, mala limpieza y desinfección del equipo y de los utensilios de ordeño; sin embargo, Molineri *et al.* (2009) afirmaron que un recuento alto de mesófilos no es indicativo de una fuente de contaminación específica.

Recuentos menores a 10.000 Ufc/mL son excelentes; entre 10.000 y 25.000 Ufc/mL, se requiere mejorar la calidad microbiológica y mayores a 25.000, se deben iniciar de inmediato programas para optimizar la calidad microbiológica de la leche (Philpot & Nickerson, 2000). De acuerdo con lo propuesto anteriormente, en el 13,3% (n=2) de las empresas ganaderas, la calidad bacteriológica fue excelente; en el 6,7% (n=1) de estas empresas ganaderas, la calidad fue regular y deben mejorar la calidad microbiológica y en el 80% (n=12) de estas deben, inmediatamente, iniciar programas para optimizar la calidad microbiológica de la leche.

El promedio del RCS para las muestras de leche fue de 345.133 CS/mL, en el presente estudio (Tabla 1). Un RCS normal en leche de tanque debe ser menor o igual a 250.000 CS/mL (CNM, 1990; Blowey & Edmonson, 1999), lo que indicaría que hasta un 6% de los cuartos se encuentran infectados (CNM, 1990). RCS menor a 200.000 CS/mL son buenos, pero menor a 100.000 CS/mL son ideales o excelentes del estado de la sanidad de la glándula mamaria (Philpot & Nickerson, 2000).

En el 47% (n=7) de las empresas ganaderas, el RCS fue mayor a 250.000 CS/mL, lo que indica que en estas empresas se presentan casos de mastitis clínica y subclínica, los cuales, están pasando inadvertidamente por la falta de implementación de programas de prevención y de control de la mastitis. Philpot & Nickerson (2000) proponen que RCS entre 200.000-500.000 CS/mL, necesitan mejorar la prevención y el control, con el fin de reducir la prevalencia de mastitis y cuando el RCS es mayor a 500.000 CS/mL,

Tabla 2. Promedios y desviación estándar de características fisicoquímicas de la leche, obtención, conservación, recuento de mesófilos y de células somáticas en leches cruda de tanque, en algunas empresas ganaderas doble propósito, en Montería (Colombia).

Tipo de Ordeño	Forma de conservación	Densidad 15°C g/mL	Acidez % a. láctico	Proteína (%)	Grasa (%)	Lactosa (%)	S. totales (%)	Mesófilos (Ufc/mL)	C. somáticas (CS/mL)
Manual	Tanque	1,032	0,19	3,45	4,1	5,03	12,70	34.000	125.000
Mecánico	Tanque	1,031	0,16	3,09	3,9	4,77	12,06	356.000	162.000
Manual	Tanque	1,031	0,18	3,10	4,0	4,95	12,30	50.000	1.168.000
Manual	Tanque	1,032	0,16	3,18	3,5	5,06	10,90	21.000	158.000
Manual	Tanque	1,029	0,15	3,35	3,6	4,64	11,11	8.000	192.000
Manual	Tanque	1,035	0,19	3,28	3,3	4,68	10,24	44.600	123.000
Manual	Tanque	1,032	0,16	3,19	3,5	5,12	10,90	8.000	192.000
	Promedio	1,032±0,002	0,17±0,016	3,23±0,133	3,70±0,30	4,87±0,197	11,46±0,898	74.514±125.222	302.857±382.504
Manual	Cantinas	1,033	0,17	3,65	3,9	4,81	12,09	59.000	168.000
Manual	Cantinas	1,032	0,16	3,60	3,6	5,50	11,14	343.000	340.000
Manual	Cantinas	1,032	0,18	3,23	3,9	5,06	12,07	129.000	188.000
Manual	Cantinas	1,031	0,16	3,41	3,6	4,68	11,13	95.600	308.000
Manual	Cantinas	1,032	0,17	3,09	3,8	4,89	11,76	288.000	322.000
Manual	Cantinas	1,031	0,16	3,23	3,6	4,61	11,14	90.000	480.000
Manual	Cantinas	1,032	0,17	3,25	3,9	5,00	12,07	75.000	347.000
Manual	Cantinas	1,034	0,16	3,20	3,3	4,74	10,22	804.000	904.000
	Promedio	1,032±0,001	0,17±0,007	3,33±0,201	3,70±0,214	4,91±0,283	11,45±0,664	235.450±252.559	382.125±232.251

Tabla 3. Recuento de mesófilos, células somáticas con relación a la prevalencia de mastitis y de pérdidas económicas en empresas ganaderas del sistema doble propósito, en Montería (Colombia).

Tipo de ordeño	Células somáticas (CS/mL)	Prevalencia de mastitis %	Pérdidas en producción (% día)
Manual	347.000	23,25	7,57
Manual	1.168.000	74,78	12,78
Manual	158.000	15,16	5,29
Manual	192000	38,23	5,85
Manual	123.000	16,89	4,39
Manual	192000	26,21	5,85
Manual	168.000	18,86	5,45
Manual	340.000	28,24	7,53
Manual	188.000	21,69	5,78
Manual	308.000	38,12	7,07
Manual	322000	23,93	7,25
Manual	480.000	39,15	9,69
Mecánico	162.000	16,53	5,36
Manual	125.000	13,88	4,46
Manual	904.000	56,42	14,58

se requiere inmediatamente implementar programas de prevención y de control.

Reyes *et al.* (2010), al norte de Antioquía, en sistemas especializados, encontraron que en el 23% (101/434) de las muestras tenían valores por debajo de 400.000 CS/mL, parámetro aceptable por la industria lechera, pero evidenciado un problema grave de mastitis subclínica, disminuyendo la calidad de la leche y ocasionando pérdidas en el volumen producido.

Al determinar el porcentaje de pérdidas económicas (Tabla 3), se encontró que el 13,4% (n=2) de las empresas ganaderas perdieron menos del 6% de la producción diaria de leche. En el 40,6% (n=6) de estas, la producción disminuyó entre 5 y 6%, siendo estos porcentajes aceptables. Una reducción en la producción hasta del 10%, se presentó en el 33% (n=5) de estas y mermas por encima del 15%, se halló en 13,4% (n=2) de las empresas ganaderas. Estas mermas pueden ser consecuencia de diferentes procesos infecciosos que están disminuyendo el volumen y la síntesis de los diferentes constituyentes de la leche (Fox *et al.* 1985; Saran & Chaffer, 2000; Ma *et al.* 2000).

La regresión lineal entre la prevalencia de mastitis y el RCS en las empresas ganaderas evaluadas, del sistema doble propósito, fue significativa ($p < 0,001$), con un R^2 de 0,867

(Figura 1), lo que indica que el 86,7% de la variación, se debió al incremento del RCS, dado que el aumento en la respuesta celular es una consecuencia del número y de la gravedad del proceso infeccioso (Philpot & Nickerson, 2000; Saran & Chaffer, 2000; Green *et al.* 2006). Al realizar la regresión entre la prevalencia y el recuento de mesófilos no significativa ($p > 0,05$), con un R^2 de 0,277, indicando la no dependencia entre estas dos variables, dado que el aumento de mesófilos es como consecuencia de una mala higiene del ordeño y falta de enfriamiento de la leche y no como consecuencia de casos de mastitis subclínicas o clínicas (Philpot & Nickerson, 2000; Posada *et al.* 2010).

De acuerdo a los resultados de este estudio, todas las empresas ganaderas evaluadas en este estudio presentaron una buena calidad físico-química y para el pago por calidad microbiológica, sólo en tres empresas el recuento de UFC en tanque estuvo por encima del límite de castigo (> 300.000 Ufc/mL), de acuerdo a lo estipulado en la Resolución 000017 del 2012, por la cual, se reglamenta a nivel nacional el pago de leche cruda al productor.

Agradecimientos. Los autores agradecen a los empresarios y a los administradores de las empresas ganaderas, sin cuya colaboración no sería posible haber adelantado este estudio. **Conflicto de interés:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes

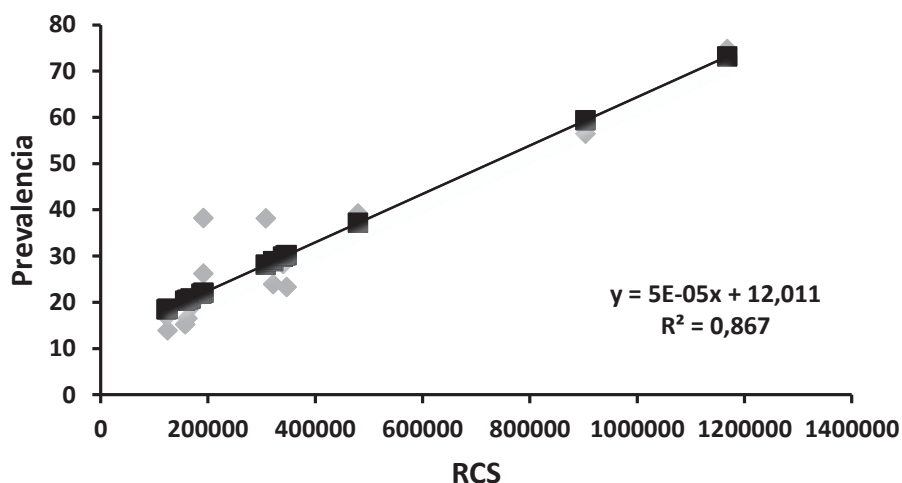


Figura 1. Regresión entre la prevalencia de mastitis y el RCS en 15 empresas ganaderas del sistema doble propósito, en Montería, Colombia.

declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. Financiación: Este estudio fue financiado por la oficina de investigaciones de la Universidad de Córdoba.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARÓ, L.; JIMÉNEZ, J.; MARTÍNEZ, FA.; BOUZA, J. 2001. Péptidos y proteínas de la leche con propiedades funcionales. *Ars Pharmac.* 42:135-145.
2. BERNAL M., L.R.; ROJAS G., M. de los A.; VÁZQUEZ F., C.; ESPINOZA O., A.; ESTRADA F., J.; CASTELÁN O., O.A. 2007. Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del Estado de México. *Vet. México.* 38(4):395-407.
3. BLOWEY, R.; EDMONSON, P. 1999. El control de la mastitis bovina en granjas de ganado de leche. Guía práctica e ilustrada. Ed. Acribia S.A, Zaragoza (España). p.163-180.
4. BRÍÑEZ, W.J; CASTRO, G. 2008. Efectos del mestizaje, etapa de lactancias, número de partos t época del año en la composición de la leche en vacas doble propósito. En. *Desarrollo sostenible de la ganadería de doble propósito.* Disponible desde Internet en: http://www.avpa.ula.ve/libro_desarrollosost/pdf/capitulo_77.pdf. (con acceso 17/04/2012).
5. CALDERÓN, A.; GARCÍA, F.; MARTÍNEZ, G. 2006. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. *Rev. MVZ Córdoba.* 11:725-737.
6. CALDERÓN R., A.; RODRÍGUEZ, R., V; VÉLEZ R., S. 2007. Evaluación de la calidad de leches en cuatro procesadoras de quesos en el municipio de Montería. *Rev. MVZ Córdoba.* 12:912-920.
7. CHACÓN V., A. 2006. Comparación de la titulación de la acidez de leche caprina y bovina con hidróxido de sodio y cal común saturada. *Agron. Mesoam.* 17(1):55-61.
8. CONSEJO NACIONAL DE MASTITIS CNM. 1990. Conceptos actuales de mastitis bovina. 3ª ed. Madison (USA). 47p.
9. DE LAVAL. 2005. Manual de instrucciones. DeLaval International Tumba (Sweden). p.1(32)-25(32).
10. DE LAVAL. 2006. Lechería. Por qué enfriar leche: Disponible desde Internet en: http://www.delaval.com.co/Dairy_Knowledge/EfficientCooling/Why_Cool_Milk.ht. (con acceso el 11/02/2012).
11. DOCUMENTO CONPES 3376. 2005. Política sanitaria y de inocuidad para las cadenas de la carne bovina y de la leche. Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación.

12. DOCUMENTO CONPES 3675. 2010. Política nacional para mejorar la competitividad del sector lácteo colombiano. Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación.
13. ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA. 2009. Sistema de información de la oferta agropecuaria, forestal, pesquera y acuícola encuesta nacional agropecuaria.
14. FERNANDES, A.M.; OLIVEIRA, C.A.F. 2006. Actividade enzimática relacionada às células somáticas no leite. Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora. 61:350-355.
15. FOX, L.K.; SHOOK, G.E.; SCHULTZ, L.H. 1985. Factors related to milk loss in quarters with low somatic cell counts. J. Dairy Sci.. 68:2100-2107.
16. GERBER, N. 1994. Tratado práctico de los análisis de la leche y del control de los productos lácteos. Ed. Gráficas Roa. Santander (España). p.23-138.
17. GREEN, M.J.; BRADLEY, A.J.; NEWTON, H.; BROWNE, W.J. 2006. Seasonal variation of bulk milk somatic cell counts in UK dairy herds: investigations of the summer rise. Prev. Vet. Med. 74(4):293-308.
18. INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. 2005. Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia. 446p.
19. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS ICONTEC. 1993. Manual de métodos fisicoquímicos para el control de calidad de la leche y sus derivados. Ed. Icontec. Santafé de Bogotá (Colombia). p.13-16.
20. INSTITUTO NACIONAL DE VIGILANCIA DE MEDICAMENTOS Y ALIMENTOS (INVIMA). 1998. Manual de técnicas de análisis para el control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano. Santafé de Bogotá (Colombia). p.17-20.
21. JARAMILLO, M.; MEJÍA, L.; SEPÚLVEDA, J. 1999. La leche y su control. Ed. Universidad Nacional de Colombia, Medellín (Colombia). 48p.
22. JAYARAO, B.M.; PILLAI, S.R.; SAWANT, A.A.; WOLFGANG, D.R.; HEGDE, N.V. 2004. Guidelines for monitoring bulk tank milk somatic cell and bacterial counts. J. Dairy Sci. 87(10):3561-3573.
23. MA, Y.; RYAN, C.; BARBANO, D.M.; GALTON, D.M.; RUIDAN, M.A.; BOOR, K.J. 2000. Effects of somatic cell count on quality and shelf-life of pasteurized fluid milk. J. Dairy Sci. 83:264-274.
24. MAGARINOS, H. 2000. Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. Ed. Producción y Servicios Incorporados S.A. Mixco (Guatemala). p.5-10.
25. MARTÍN, S.W.; MEEK, A.H.; WILLEBERG, P. 1987. Epidemiología veterinaria, Principios y métodos. Ed. Acribia, Zaragoza (España). p.321-370.
26. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Resolución 00017. Por la cual se establece el sistema de pago de la leche cruda al proveedor. 18p. Disponible desde Internet en: <http://www.redlactea.org/anexos/Milk%202012/Resolucion%2000017%20de%202012.pdf>. (con acceso 20/05/2012).
27. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL DE COLOMBIA. Decreto No. 616. 2006. 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. 32p. Disponible desde Internet en: <http://www.redlactea.org/decretos.htm>. (con acceso 09/02/2012).
28. MOLINERI, A.I.; SIGNORINI, M.L.; CUATRIN, A.L.; CANAVESIO, V.R.; NEDER, V.E.; RUSSI, N.B.; BONAZZA, J.C.; CALVINHO, L.F. 2009. Calidad bacteriológica y relación entre grupos bacterianos en leche de tanque de frío. Rev. FAVE - Ciencias Vet. 8(2):75-86.
29. NASANOVSKY, M.; GARIJO, R.; KIMMICH, R. 2001. Lechería. Disponible desde Internet en: <http://www.hipotesis.com.ar/hipotesis/Agosto2001/Catedras/Lecheria.htm> (con acceso 09/02/2012).
30. PHILPOT, N.; NICKERSON, S. 2000. Ganando la lucha contra las mastitis. Westfalia-Surge Inc y Westfalia Landtechnik GmbH. Naperville (USA) Oelde (Germany) p.136-141.
31. PHILPOT, N.; NICKERSON, S. 1992. Ganando la lucha contra las mastitis Naperville (USA). 12p.
32. POSADA A., S.; LOAIZA, E.T.; RESTREPO, J.E.; OLIVERA, M. 2010. Caracterización del ordeño manual e identificación de puntos críticos de control

- para la calidad higiénica de la leche en una finca del norte de Antioquia. *Rev. Lasallista Invest.* 7(2):35-46.
33. RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, C.D.; HINCNCLIFF, K.W. 2002. Tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino. Ed. Mc Graw-Hill-Interamericana S.A. 9a Edición. Madrid (España). p.711-779.
34. RAMÓN E., J.N.; RESTREPO B., J.E.; RUIZ-CORTÉS, Z.T.; OLIVERA Á., M. 2011. Detección de riesgos de contaminación con microbios ambientales en un sistema de ordeño mecánico de un hato lechero del norte de Antioquia. *Rev. Lasallista Invest.* 8(1):7-15.
35. REYES, J.; VILLAR, D.; OLIVERA, M. 2010. Evaluación de residuos de antimicrobianos por la prueba Delvotest en una cuenca lechera de Antioquia con alto índice de mastitis subclínica. *REDVET. Rev. Electr. Vet.* 1695-7504. 11(12):1-10.
36. SANDHOLM, M.; HONKANEN, B.T.; KAARTINEN, L.; PYÖRÄLÄ, S. 1995. The bovine udder and mastitis. Edit. Gummeruss Oy, Helsinki (Finland). p.76-82.
37. SARAN, A.; CHAFFER, M. 2000. Mastitis y calidad de leche. Ed. Intermédica. Buenos Aires (Argentina). p.73-86.
38. SIGNORINI, L.M.; SEQUEIRA, G.J.; BONAZZA, J.C.; DALLA, R.D.; MARTÍ, L.E.; FRIZZO, L.S.; ROSMINI, M.R. 2008. Utilización de microorganismos marcadores para la evaluación de las condiciones higiénico-sanitarias en la producción primaria de leche. *Rev. Cient. FCV-LUZ.* 18(2):207-217.
39. STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS, SAS. 2001. User's Guide (Version 9.1), Cary (USA). Institute. SAS/STAT.

Recibido: Febrero 16 de 2012

Aceptado: Agosto 17 de 2012