

## **Caracterización de sistemas de producción lechera de Antioquia con sistemas de ordeño mecánico**

**Oscar David Múnera Bedoya, Laerte D Cassoli<sup>1</sup>, Martha Olivera Ángel<sup>2</sup> y Mario Fernando Cerón Muñoz**

*Grupo de Investigación GaMMA, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21 Medellín. Colombia*  
[grupogamma@udea.edu.co](mailto:grupogamma@udea.edu.co)

<sup>1</sup> *ESALQLab, Universidade de São Paulo - ESALQ, Piracicaba, SP, Brazil*

<sup>2</sup> *Grupo de Investigación Biogénesis, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21 Medellín. Colombia*

### **Resumen**

La tecnificación del proceso de ordeño y la implementación de programas de buenas prácticas ganaderas (BPG) han contribuido al aumento del nivel tecnológico en el sector, aumentando su competitividad en el mercado. El objetivo del estudio fue caracterizar los sistemas de producción lechera del norte de Antioquia, según características agroecológicas, de gestión, producción y calidad de leche, forrajes y tipo de equipo de ordeño mecánico. Se analizaron 117 hatos con sistema de ordeño mecánico mediante análisis de estadística descriptiva, correlaciones y análisis de clúster. Los predios lecheros del norte de Antioquia se encuentran en promedio a 10 km de distancia de los centros urbanos a los cuales pertenecen y el acceso se hace por vías sin pavimentar (88%). Los potreros representan el 82.8% del área de las fincas, con mayor presencia de terrenos ondulados (62.5%). La producción promedio de leche por vaca fue 18.4 L/día, el tipo de descarga de leche de los equipos de ordeño más común fue a cantina (72.7%) y el sitio de ordeño más frecuente la sala (74.4%). Las variables que mejor explicaron la caracterización de los predios fueron la distancia de los predios a la cabecera municipal y a Medellín, el tamaño del predio, el nivel de producción, la gestión del hato, la implementación de BPG y el tipo de línea de conducción de leche del equipo de ordeño. Se encontró que los predios no alcanzaron a cumplir con los parámetros de calidad higiénica y sanitaria de referencia nacional e internacional para la leche en tanque. La ubicación geográfica incluye en los sistemas de producción de leche en Antioquia. Hatos cercanos a centros de industrialización tienen mayor presión para ser más eficientes, aunque predios menos tecnificación producen leche de mejor calidad.

*Palabras clave: buenas prácticas ganaderas, calidad de leche, ganadería de leche, nivel de tecnificación*

## **Characterization of dairy farms with mechanical milking in Antioquia, Colombia**

### **Abstract**

Milking mechanization and implementation of good livestock practices (GLP) have improved the technological level of this sector, increasing its competitiveness. The objective of this study was to characterize the dairy farms in northern Antioquia, according to their agro-ecology characteristics, management, yield and quality of milk, fodder, and type of mechanical milking equipment used. One hundred seventeen farms equipped with mechanical milking system were subject to descriptive statistics, correlations and cluster analysis. On average, dairy farms in northern Antioquia are 10 km away from urban centers and most of them have access through unpaved roads (88%). Paddocks represent 82.8% of the farming area, mostly constituted by undulating land (62.5%). The average milk yield per cow was 18.4 L/day. The use of canteens was the most common way to receive the milk from the milking equipment (72.7%). Most farms used parlors as milking sites (74.4%). Distance from farm to town and Medellín, farm size, milk production, farm management, use of GLP, and milk conduction from milking equipment were the variables that best characterized the farms. In general, farms did not meet national and international hygienic and sanitary standards for tank milk. Geographical location influences dairy farms in Antioquia. Farms located near to dairy industries have more pressure to improve efficiency, although farms with little technology produce better quality of milk.

*Key words: good livestock practices, milk quality, dairy cattle, technology level*

### **Introducción**

Los sistemas de producción agropecuaria locales enfrentan grandes desafíos que les permitan ser más eficientes de cara a los procesos de globalización, deben implementar estrategias de gestión para adaptarse a los cambios del entorno y mantener un nivel de competitividad sustentable (Aguilera et al 2003). En respuesta a ello, los productores de leche han buscado optimizar procesos a través de la introducción de tecnológicas en las labores de ordeño, el

almacenamiento y conservación de leche fría y la adopción de programas en buenas prácticas ganaderas (BPG), como respuesta a la presión de la industria láctea y en cumplimiento de las normativas vigentes (MPS 2006; MADR 2012).

En el departamento de Antioquia (Colombia), la producción primaria de leche bovina se desarrolla en su mayoría, en la región del altiplano norte, con manejos de ordeño de tipos manual y mecánico (Ruiz-Cortés et al 2012). En los últimos años se ha observado una fuerte tendencia a la implementación de sistemas de ordeño mecánico, tanto en sala como en potrero. Si bien Ruiz-Cortés et al (2012) reportaron que el 80% de predios en el trópico bajo como en el trópico de altura a nivel nacional conservaban el ordeño a mano, la tendencia observada en la región norte de Antioquia debe corresponder a una proporción más baja, la cual resulta de importancia determinar para implementar programas de capacitación y transferencia tecnológica acordes a las necesidades de los productores.

Al comparar el nivel tecnológico de fincas lecheras del norte de Antioquia, Barrios y Olivera (2013) encontraron que los hatos con ordeño mecánico generaron en promedio mayores niveles de producción que los que utilizan ordeño manual. La tecnificación del ordeño y la implementación de programas de BPG han contribuido al aumento del índice tecnológico en el sector en la región, aumentando su competitividad en el mercado, mejorando las condiciones laborales de los operarios y la salud de la ubre. Aumentos en el índice tecnológico en el sector lácteo local contribuyen a la reducción de los costos de producción y se consideran una estrategia de gestión primaria que permiten al productor de leche incrementar sus beneficios y cuidar el margen, toda vez que las deficiencias tecnológicas inciden en la calidad de la leche que se produce en los hatos (Von Keyserlingk et al 2013). Además, la tendencia a la implementación de sistemas de ordeño mecánico y su puesta en marcha ha llevado a una optimización del ordeño, aumentos en la producción de leche por vaca, los promedios del rebaño, y el interés por el ajuste de frecuencias e intervalos de ordeño, sin que se ponga en riesgo la funcionalidad de la glándula mamaria, a pesar que se puedan inducir trastornos de la ubre (Pařilová et al 2010).

Los trastornos más comunes son los daños en el esfínter del pezón, en especial en la punta del pezón causando alteraciones en el tapón de queratina (Barkema et al 1999), impactos negativos en el tejido del pezón (Ströbel et al 2013; Sinapis et al 2006; Sinapis et al 2007; Skapetas et al 2008), traumatismos en los pezones y ordeño incompleto favoreciendo la penetración y colonización de la glándula por patógenos, respuestas neurohormonales, supresión de la función inmune (Santos et al 2002), debilitamiento de la eficiencia de los mecanismos de defensa sistémica y local (Rasmussen y Madsen 2000).

Mayores niveles de producción de leche por animal fueron reportados en hatos con sistemas de ordeño mecánico en el norte de Antioquia en un estudio desarrollado por Barrios y Olivera (2013), con valores de 17.2 vs 15.3 L/vaca/día comparado con el sistema de ordeño manual. En el mismo estudio se registraron costos inferiores en el litro de leche en aquellos hatos en los cuales se disponía de sistema de ordeño mecánico, siendo la diferencia 8.33%.

La presente investigación pretendió caracterizar hatos que emplean equipos de ordeño mecánico en el norte de Antioquia, según sus características agroecológicas, de gestión, producción y calidad de leche, forrajes y tipo de línea de conducción de leche del equipo de ordeño.

## **Materiales y métodos**

### **Localización y selección de fincas**

El estudio se realizó en la subregión Norte de Antioquia, Colombia (latitud 6°17'14"N hasta 7°14'31"N y longitud 75°11'45"W hasta 75°44'03"W). Se seleccionaron 117 fincas distribuidas en los municipios de Bello (24), San Pedro de los Milagros (25), Donmatías (11), Entreríos (23), Belmira (13), San José de la Montaña (4), Santa Rosa de Osos (11) y Yarumal (6). La selección se realizó teniendo en cuenta la implementación de sistemas de ordeño mecánico (en sala o en potrero) antes del año 2013 y la disponibilidad de los productores para participar de forma voluntaria en la investigación.

### **Recolección de datos**

Información relacionada con el manejo y generalidades de los sistemas de producción fue recaudada a través de diferentes estrategias, se contó con una encuesta de caracterización del hato, la evaluación de la calidad de leche en tanque, la identificación de animales por estado fisiológico y el diligenciamiento de listas de chequeo. La encuesta fue aplicada de forma presencial al ganadero o administrador del hato. El diseño de la encuesta estuvo a cargo de profesionales de la zootecnia, veterinaria y agronomía. La encuesta fue válida en 10 fincas. La información colectada se manejó anónimamente y los entrevistados expresaron su consentimiento informado verbalmente y además firmaron un acuerdo para autorizar la entrada de personal del proyecto en la finca y proporcionar la información necesaria. El proyecto no presentó ningún riesgo para la salud de los participantes y su contribución fue voluntaria.

### **Estructura de la base de datos**

Para la caracterización de los hatos con equipo de ordeño mecánico se generó una base de datos que reunió información de tipo agroecológico, gestión, producción y calidad de leche, forrajes, tipo de equipo de ordeño y BPG a partir de la encuesta de caracterización. Dentro de los grupos de variables evaluadas se destacan:

*Variables agroecológicas* : Municipio donde se ubica la finca, distancia desde el centro poblacional al cual pertenece y el predio, altura (medida en el sitio de ordeño con sistema de posicionamiento satelital GARMIN referencia GPSmap 60CSx que usa la metodología de altímetro barométrico), la temperatura media de la región en la cual se ubica el predio, topografía de la finca (plana, ondulada y quebrada, expresada en porcentaje según criterio del propietario o administrador). Se incluyó además información sobre las vías de acceso al predio (pavimentada, sin pavimentar, y sendero).

Para la información de manejo y gestión del hato se incluyó el área total del pedio, área destinada a producción de leche, área de protección de bosques o reservas de agua y área destinada a la producción de pastos de corte. Las áreas fueron calculadas y registradas por personal vinculado al proyecto utilizando las funciones de cálculo de áreas y trazado de mapas del sistema de posicionamiento satelital. Se incluyó información sobre la tenencia de mapas del predio o registro de áreas de potreros antes del inicio del proyecto. La titularidad o tenencia del predio en modalidad de arriendo también fue considerada dentro de las variables de gestión evaluadas. En cuanto a recurso humano vinculado al hato se indagó el número de empleados vinculados bajo la modalidad de ocasional y fijo-tiempo completo, además del número de empleados que presentaban algún grado de parentesco o relación familiar con el propietario. La vinculación de personal técnico profesional al sistema de producción también fue considerada, discriminando sobre el tipo de asesor contratado (veterinario, zootecnista, agrónomo u otro).

La información sobre el nivel de implementación de BPG fue obtenida a través del diligenciamiento de las listas de chequeo del ICA para sistemas de producción con sistema de ordeño mecánico y su nivel de implementación y adopción del sistema de gestión de calidad según lo contemplado en el decreto 616 de 2006 del Ministerio de la Protección Social (MPS 2006).

La información de calidad de leche de los tanques se obtuvo a través de muestras de tanque con un volumen de mínimo 8 mL de leche siguiendo el protocolo de toma, envío, recepción y análisis del laboratorio de calidad e inocuidad de leche de la Universidad de Antioquia, el cual está acreditado bajo la norma NTC-ISOIEC 17025/2005. Se realizó un análisis para parámetros composicionales de

la leche y conteo de células somáticas (CCS) en un equipo CombiFoss Plus MilkoScan (Foss, Denmark) y para unidades formadoras de colonia (UFC) fue empleado un BactoScan™ FC+, previa calibración con leche cruda estándar (Eastern Laboratory Services, Medina, OH, USA).

En la base de datos se incluyó información relacionada con el número de animales en ordeño por hato, volumen de producción por animal (L/día) e información de calidad composicional de leche (porcentaje de grasa, proteína, sólidos totales), calidad sanitaria (CCS) e higiénica (UFC). Para cada una de las anteriores variables fue calculado el valor promedio a partir de los valores reportados en un periodo de cinco meses previos a la aplicación de la encuesta para cada hato, garantizando un mínimo de 3 análisis de leche por tanque.

En la base de datos se incluyó el número total de animales bovinos del hato y la proporción de animales en ordeño (lactando), vacas secas, novillas de levante y toros. Los grupos raciales fueron analizados por las categorías que presentaron mayores proporciones (Holstein, Jersey y otros grupos raciales).

Información de la producción de forrajes en la finca fue incluida en la base de datos al relacionar información sobre periodo de rotación de potreros (en días), poseer información sobre la composición del pasto (bromatológico), tener sistema de riego y realizar aforos. Las proporciones de especies forrajeras (kikuyo (*Cenchrus clandestinus Hochst. Ex Chiov. Morrone*), ryegrass (*Lolium sp.*), falsa poa (*Holcus lanatus*), rébol rojo (*Trifolium sp.*), rébol blanco (*Trifolium sp.*) y otros) implementadas en los hatos fueron estimadas por los técnicos del proyecto y los propietarios o administradoras y reportadas como porcentajes. También se relacionó el tipo de pastoreo que se venía implementado en el hato al momento de la visita (rotacional, rotacional por franjas y otros).

Se tuvo en cuenta el sitio de ordeño (sala o potrero), número de máquinas de ordeño y tanques de enfriamiento de leche que hay en la finca. El tipo de línea de conducción de leche del equipo de ordeño (alta, media, baja o descarga a cantina).

### **Análisis estadístico**

Para caracterizar los hatos con sistema de ordeño mecánico en cuanto a las variables agroecológicas, de gestión, producción y calidad de leche, forrajes y tipo de equipo de ordeño se realizaron análisis descriptivos por municipio. Se calcularon correlaciones para los grupos de variables cuantitativas. Correlaciones policóricas fueron aplicados para las variables categóricas. Las variables que presentaron correlaciones superiores a 0.60 e inferiores a -0.60 fueron agrupadas

a través de un análisis de clúster mediante la librería psych (Revelle y Zinbarg 2009) del R-project software (R Core Team 2014).

## **Resultados y discusión**

Las mayores proporciones de hatos con sistema de ordeño mecánico fueron observadas en los municipios de Bello, Entrerriós y San Pedro de los Milagros, los cuales representaron el 61.5% del total de hatos participantes. La participación de los hatos de Belmira, Donmatías y Santa Rosa de Osos fue cercana al 10% para cada municipio. Menores proporciones de hatos con equipo de ordeño incluidos en el estudio fueron observadas en los municipios de San José de la Montaña y Yarumal (3.42 y 5.13%, respectivamente).

Municipios cercanos al principal centro poblacional del departamento presentaron mayores participaciones de hatos con equipo de ordeño en el presente estudio. Estos municipios poseen mejor topografía e infraestructura vial. Estudios sobre el nivel de intensificación en la producción primario de leche desarrollados en la misma región identificaron que los municipios que son cercanos a Medellín (en su orden Bello, San Pedro de los Milagros, Belmira, Donmatías y Entrerriós) se caracterizaron por poseer precios de la tierra más altos que los otros municipios en estudio (Ruiz et al 2017), coincidiendo con lo reportado por Holmann et al (2004), quienes encontraron que las fincas más productivas eran de fácil acceso, estaban localizadas cerca a los centros de mercado y tenían un alto valor comercial de la tierra. Por lo anterior, para los sistemas de producción lecheros de Antioquia, el equipo de ordeño, puede considerarse entre los indicativos de tecnificación o intensificación del sistema de producción, el cual podría responder a necesidades de los productores para mejorar parámetros relacionados con producción de leche, como podrían ser número de animales en producción por empleado, litros producidos y proporción de vacas en ordeño.

### **Información agroecológica**

Con respecto a las variables agroecológicas de los predios, se encontró que la altura promedio de los hatos analizados fue de  $2547 \pm 156$  msnm. El municipio con mayor variabilidad en la altura de los predios fue San José de la Montaña (con una desviación de  $\pm 239$  msnm) y el de menor variación fue Bello (con una desviación de  $\pm 38.9$  msnm). Los municipios de Donmatías, San Pedro de los Milagros, Entrerriós y Bello que se encuentran más próximos al Valle de Aburrá presentaron alturas promedio de 2468 msnm. Con respecto a la ubicación de los hatos, se encontró que las fincas que se encuentran a mayor distancia del área

urbana de las localidades a la cual pertenecen se sitúan en el municipio de Bello y se encuentran a 17.08 km, seguidas de las fincas de Yarumal y Santa Rosa de Osos. Los hatos de San Pedro de los Milagros y Entrerriós presentaron ubicaciones promedio más próximas a las áreas urbanas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Descripción agroecológica de los hatos con sistemas de ordeño mecánico por municipio incluidos en el estudio

Municipio	Distancia (km)*	Altura (msnm)	Temperatura (°C)	Topografía (%)			Acceso vial (%)	
				Plana	Ondulada	Quebrada	Carretera Pavimentada	Carretera sin pavimentar
Bello	17.1±8.16	2540±38.9	16.8±0.79	20.3	58.9	20.7	20.8	75
Belmira	10.9±6.1	2695±171	15.5±1.74	10.7	44.7	44.6	7.69	84.6
Donmatías	7.27±4.01	2287±119	17.5±2.24	11.9	58.4	29.6	0	100
Entrerriós	6.98±5.39	2514±92.4	16.2±0.98	12.4	71.5	16.2	8.70	95.7
San José	9.7±6.02	2654±239	13.9±2.02	7.5	85	7.5	25	75
San Pedro	6.48±3.45	2534 ±131	16.3±0.96	16.6	64	20	4	88
Santa Rosa	12.9±8.92	2674±104	16.5±1.73	20.7	64.9	14.3	0	100
Yarumal	13.6±8.2	2604±158	16.4±1.19	23.3	61.7	15	16.7	83.3
TOTAL	10.4±7.46	2547±156	16.3±1.46	15.9	62.5	21.8	10.3	88

Temperaturas medias de 16.3±1.46 °C fueron reportadas en los hatos, valores bajos fueron reportados en los municipios de San José de la Montaña (13.9 °C) y Belmira (15.5 °C) y mayor en Donmatías con 1.19 °C por encima del promedio total de los hatos. En cuanto a la estructura topográfica media, se encontraron terrenos ondulados en el 62.5% de los hatos del altiplano norte de Antioquia. La proporción promedio más alta de topografía ondulada se observó en los municipios de San José de la Montaña y Entrerriós (85 y 71.5%, respectivamente). Yarumal presentó niveles similares en las áreas promedio para topografía ondulada y quebrada con niveles cercanos al 44% en ambos casos. Estudios desarrollados por Posada et al (2013) recomendaron para la región considerar, entre otras variables, la topografía de las fincas para el establecimiento de los diferentes genotipos de especies forrajeras como los ryegrass (*Lolium sp.*), ya que la topografía afecta la temperatura y humedad de suelo, además del movimiento del agua sobre la superficie e interior del suelo. Programas de establecimiento de forrajes en la región deben ser planeados basados en las condiciones particulares de los terrenos. Áreas onduladas y quebradas deben buscar especies que ayuden a minimizar procesos erosivos y garanticen la producción de forraje a bajo costo.

La mayoría de las fincas vinculadas al estudio presentaron acceso por vías terciarias que no están asfaltadas (88%), lo cual podría dificultar los procesos de

suministro de materias primas y transporte de la leche producida durante periodos de fuertes lluvias.

### Información de gestión del hato

En la Tabla 2 se presenta descripción de la gestión de los hatos. Se encontró que una alta proporción de los hatos incluidos en el estudio poseían título de propiedad a nombre del ganadero (86.3%), dato que correspondió al reportado por Ruiz et al (2017), quien encontró titulaciones a nombre de los ganaderos en el 87% de los sistemas ganaderos de la misma región. A su vez, más del 90% de los hatos del presente estudio poseían planos del predio, variable que resulta indispensable para determinar capacidades de carga, consumos de forrajes por animal y manejo de rotaciones de potreros, establecimiento de forrajes y planeación del hato.

Los hatos con sistemas de ordeño del altiplano norte presentaron áreas promedio de 29.4 ha, con predios más extensos en Belmira y Santa Rosa de Osos y fincas más pequeñas en municipios como Entreríos y San Pedro de los Milagros. Del total del área de los predios vinculados al estudio, cerca del 83% está destinada a la producción ganadera, proporción que fue mayor en los municipios de Entreríos y Santa Rosa de Osos. El porcentaje de área destinado a la producción ganadera fue bajo en el municipio de Belmira (53.4%), valor que estuvo influenciado por el porcentaje alto de área destinada a la protección de bosques que existe en las fincas del municipio (16%).

Con respecto a las áreas de protección, Ruiz et al (2017), encontraron que para la región alrededor del 55% de los predios presentaban pequeñas porciones de bosques, sin que se presentara conectividad entre ellas. Cabe resaltar la dependencia a los recursos hídricos de los sistemas ganaderos de la región y su susceptibilidad a cambios en los regímenes de lluvias, lo cual se ve agravado por las condiciones topográficas y la baja proporción de áreas de conservación. Se encontró que para los hatos evaluados, el área de pasto de corte porcentualmente fue baja (0.44%), destacándose el municipio de San José de la Montaña el cual no presenta áreas destinadas a la producción de forrajes de corte (Tabla 2).

**Tabla 2.** Áreas y titularidad de hatos con sistema de ordeño mecánico en el altiplano norte de Antioquia.

Municipio	Área Total (ha)	Área Producción (%)	Área Bosque (%)	Área Corte (%)	Posee planos (%)	Título propiedad (%)
Bello	33.5±40.6	77.7	10.6	0.42	95.8	95.8
Belmira	46.6±43.3	53.4	16.3	0.51	84.6	84.6
Donmatías	25.1±13	81.4	7.58	1.04	100	90.9
Entreríos	20.6±16.3	87.4	11.6	0.29	82.6	100
San José	25.3±11.4	82.3	11.9	0	75	75
San Pedro	21.1±15.3	78.9	17.9	0.36	86	96

Santa Rosa	43.6±50.4	84.9	16.0	0.23	90.9	100
Yarumal	28.5±17.3	76.8	17.9	0.67	100	83.3
Total	29.4±31	82.8	9.68	0.44	93.2	86.3

El promedio de empleados con vinculación permanente fue de  $2.14 \pm 1.74$  (con una mediana de 2 empleados), Bello fue el municipio que tenía lecherías con mayor número de personas bajo la modalidad de vinculación permanente ( $3.33 \pm 2.82$  empleados por hato, con una mediana de 2) y San José de la Montaña el que poseía menos, situación que contrasta en este municipio con la mayor vinculación de mano de obra familiar, es decir, empleados laboran en la ganadería y que además tienen algún grado de parentesco con el ganadero con 0.75 empleados por hato, valor superior al promedio que fue de solo  $0.32 \pm 0.74$  empleados para los hatos de la región (Tabla 3).

En cuanto a mano de obra ocasional, San Pedro de los Milagros y Yarumal presentaron mayor número promedio de empleados (0.88 y 0.83 respectivamente), con una mediana de 1 empleada por municipio. El promedio de la región fue de  $0.64 \pm 0.81$ , muy por encima de lo reportado en Belmira ( $0.31 \pm 0.48$ ). FEDEGAN (2010) estimó que la mano de obra a nivel nacional representaba alrededor del 42% del costo total del litro de leche para sistemas intensivos, reconociendo además que en empresas sobresalientes con adecuados programas de gestión podría destinar para el mismo rubro hasta un 15.3%.

La presencia de profesionales agropecuarios en los hatos está representada en mayor proporción por los veterinarios (Tabla 3). El 70.2% de los hatos poseen mínimo un profesional y en el 69.2% de los casos corresponde a un veterinario. Belmira y Entreríos fueron los municipios en que se cuenta con menor presencia profesional con 53.8 y 52.2% de los hatos, respectivamente. Los zootecnistas son los profesionales con menor vinculación, solamente un 19.6% de los hatos cuenta con el servicio de este tipo de profesional, siendo superados por los agrónomos, los cuales prestaron servicios en el 22.2% de las fincas.

Dentro de las estrategias para optimizar los procesos de producción, los ganaderos del norte de Antioquia han implementado programas de gestión de calidad. Un 35% de los hatos evaluados en el presente estudio se encontraban certificados en BPG (Tabla 4) los municipios con mayor proporción de hatos certificados fueron Belmira y Bello, para el municipio de San José de la Montaña no se encontró ningún hato certificado en BPG. Porcentajes de cumplimiento de puntos críticos para la certificación superiores al 70% fueron observados en Bello, Belmira, San Pedro de los Milagros y Yarumal, los tres primeros municipios se encuentran próximos a los principales centros de industrialización. Altas tasas de rotación de empleados pueden influir en el cumplimiento de

requisitos en los procesos de certificación, afectando los niveles de preparación del personal en el manejo de registros y el conocimiento de la norma.

Los puntos críticos en el proceso de certificación correspondieron a la capacitación del personal (con un nivel de cumplimiento del 28.2%), la implementación de protocolos (20.1%) y el manejo de registros (52.9%). El manejo adecuado de droga veterinaria y el cumplir con la certificación de uso de la tierra o certificado de plan de ordenamiento territorial (POT), fueron los criterios con mayor nivel de cumplimiento en los municipios analizados, lo que evidencia la sincronía entre los entes territoriales de orden municipal para formalizar las producciones agropecuarias, los productores que buscan dar cumplimiento a las normas vigentes y el grado de formalidad en la comercialización de productos veterinarios. La implementación de estrategias de gestión como el registro adecuado de los eventos relacionados con la actividad cotidiana en la ganadería, la implementación de protocolos de las labores y la capacitación del personal se constituyen en estrategias que acercan a los ganaderos al cumplimiento de los requisitos para acceder a la certificación en BPG.

**Tabla 3.** Estructura laboral de las fincas de lechería especializada con equipo de ordeño del norte de Antioquia.

Municipio	Mano obra Profesional (%)			Número de empleados		
	Agrónomo	Veterinario	Zootecnista	Ocasional	Fijos	Familiar
Bello	29.2	79.2	25	0.71±1.16	3.33±2.82	0.29±0.75
Belmira	7.69	53.8	15.4	0.31±0.48	2.30±1.75	0.31±0.48
Donmatias	27.3	81.8	36.4	0.64±0.5	2.27±1.35	0.45±0.93
Entrerriós	17.4	47.8	8.70	0.47±0.73	1.34±0.57	0.35±0.65
San José	0	75	25	1.00±0.00	1.75±0.96	0.75±0.96
San Pedro	28	68	16	0.88±0.83	1.92±1.15	0.24±0.83
Santa Rosa	27.3	81.8	27.3	0.45±0.69	1.82±0.98	0.00±0.00
Yarumal	16.7	100	16.7	0.83±0.75	1.50±1.22	0.83±1.17
Total	22.2	69.2	19.6	0.64±0.81	2.14±1.74	0.32±0.74

Las variables relacionadas con producción de leche son reportadas en la Tabla 5. Se encontró que el promedio de producción de leche por vaca fue de 18.4 L/día, con producciones por encima de 19 L/día fueron obtenidas en los municipios de San Pedro de los Milagros, Belmira y Bello, municipios que a su vez presentaron el mayor número de animales en ordeño (superior a 46 animales/día), el promedio de animales en ordeño para la región fue de 49.2 animales/día.

Producciones menores fueron reportadas por Barrios y Olivera (2013) y Márquez (2011) quienes encontraron niveles de producción cercanos a los 16 L/animal/día en ambos estudios desarrollados en hatos de la misma región. Una clasificación

del tamaño de los hatos basados en el número de animales en ordeño según lo reportado por Barrios y Olivera (2013) permitió catalogar a los predios de Bello y Belmira como grandes por poseer más de 50 animales en ordeño, mientras que los municipios restantes fueron catalogados como medianos por poseer entre 32 y 49 animales en ordeños.

**Tabla 4.** Proporción porcentual de cumplimientos de puntos de evaluación del programa de certificación en buenas prácticas ganaderas en hatos con equipo de ordeño del norte de Antioquia.

Municipio	Registro ICA (%)	Manejo Protocolos (%)	Manejo Registros (%)	Empleados con EPS (%)	Capacitación Empleados (%)	Certificación Brucella y Tuberculosis (%)	Certificación en BPG (%)	Cumple Medicamentos	% Cumplido*	Certificación POT (%)
Bello	83.3	83.3	79.2	95.8	41.7	100	54.2	95.8	80.5	100
Belmira	92.3	61.5	61.5	76.9	46.2	100	61.5	100	73.9	100
Donmatías	90.9	18.2	9.09	90.9	90.1	100	27.3	100	61.3	100
Entrerriós	82.6	26.1	34.8	82.6	13.0	100	13.0	95.7	63.4	95.7
San José	50	50	25	25	0	75	0	75	46.9	75
San Pedro	92	68	64	92	36	100	36	100	79.6	100
Sta Rosa	90.9	18.2	45.5	81.8	9.09	81.8	18.2	90.9	59.1	81.8
Yarumal	66.7	66.7	66.7	83.3	50	83.3	50	100	72.9	83.3
<b>Total</b>	<b>85.5</b>	<b>52.1</b>	<b>52.9</b>	<b>85.5</b>	<b>28.2</b>	<b>86.6</b>	<b>35</b>	<b>96.6</b>	<b>70.9</b>	<b>95.7</b>

POT: plan de ordenamiento territorial, EPS: Afiliado a entidad prestadora de salud, ICA: Instituto Colombiano Agropecuario, BPG: Buenas prácticas agropecuarias,

\* Porcentaje de cumplimiento de la lista de chequeo ICA para certificación de hatos en buenas prácticas ganaderas.

En cuanto a parámetros composicionales los niveles promedio de metabolitos lácteos fueron mayores en el municipio de Bello. Para producción de grasa, el nivel promedio fue de 3.77%, con valores mayores en los municipios de San Pedro de los Milagros, San José de la Montaña y Bello. La proteína láctea promedio para la región fue de 3.11%. Para el CCS, los valores promedio fueron de 293010 cel/mL (mediana de 276 mil cel/mL), valores menores se registraron en los municipios de San José de la Montaña y Santa Rosa de Osos. Niveles menores de CCS en tanque para la región fueron reportados por Barrios y Olivera (2013) con valores promedio de 250273 cel/mL. Para Barrios y Olivera (2013) valores de CCS en tanque inferiores a 200000 cel/mL bajo las condiciones productivas de los hatos de la región evaluada en el presente estudio podrían incrementar de manera importante el nivel de ingresos del productor y, por lo tanto, su nivel de competitividad aumentando los precios de venta de leche.

Para UFC, Barrios y Olivera (2013) sugirieron como parámetro de referencia para calidad higiénica de la leche 25000 UFC/mL. En el presente estudio solo el municipio de Belmira presentó valores promedio menores de UFC de los

sugeridos por Barrios y Olivera (2013) (Tabla 5). Los valores promedio para la región fueron de 175330 UFC/mL (con una mediana de 8000 UFC/mL). El resultado promedio fue mayor a los reportaos por Ruiz-Cortés et al (2012) y Barrios y Olivera (2013) para hatos de la misma región con valores de 115932 UFC/mL y 93364 UFC/mL, respectivamente.

**Tabla 5.** Descripción de niveles promedio de producción y calidad de leche en tanque de sistemas lecheros especializados con equi

Municipio	Vacas en ordeño	Producción diaria (L)	Producción diaria/hato (L)	Grasa en leche (%)	Proteína en leche (%)	Sólidos totales (%)	(m
Bello	61.9 ±48.6	19.1 ±3.49	1288 ±1146	3.85 ±0.46	3.12 ±0.25	12.4 ±0.66	
Belmira	53.3 ±31.6	19.6 ±3.54	1049 ±645	3.77 ±0.26	3.09 ±0.18	12.19 ±0.5	
Donmatías	46 ±15.3	17.7 ±2.4	828 ±328	3.68 ±0.43	3.08 ±0.15	12.2 ±0.49	
Entrerriós	43.7 ±23.7	16.9 ±2.32	769±501	3.74 ±0.41	3.13 ±0.13	12.1±0.8	
San José	32.5 ±12.7	16.3 ±4.66	566 ±397	3.89 ±0.31	3.13 ±0.13	12.5 ±0.47	
San Pedro	46.9 ±27.9	19.9 ±3.40	954±621	3.89 ±0.48	3.10 ±0.13	12.3±0.49	
Santa Rosa	44.5 ±29.6	16.6 ±2.63	677±554	3.58 ±0.59	3.08 ±0.14	11.9 ±0.71	
Yarumal	45.5 ±39.2	17.9 ±6.47	776±640	3.54 ±0.44	3.1 ±0.17	11.9 ±0.41	
Total	49.2 ±32.6	18.4 ±3.52	937 ±731	3.77 ±0.44	3.11 ±0.16	12.2 ±0.62	

CCS: Conteo de células somáticas, UFC: Unidades formadoras de colonia, Temp: temperatura

El inventario bovino de los municipios presentó valores promedio más altos para los municipios de Bello y Belmira (Tabla 6). Para la región, se encontró que los hatos por municipio poseían 93.3 bovinos/hato, de los cuales el 57.8% correspondía a animales en producción de leche. Los municipios en los cuales la proporción de animales en ordeño fue alta correspondieron a San Pedro de los Milagros, Donmatías y Entrerriós. Para San José de la Montaña, Belmira y Santa Rosa Osos, se encontró que tenían mayor proporción de animales en etapa de levante. Municipios cercanos al centro del departamento y a los centros de industrialización y que poseen mayor precio de la tierra y mejor infraestructura vial poseen mayor proporción de animales.

En cuanto a grupos raciales- la mayor proporción de animales poseen una base genética Holstein (75.5%). Los animales Jersey se encontraron con mayores frecuencias en los municipios de Donmatías, Yarumal y Entrerriós (Tabla 6).

**Tabla 6.** Conformación del inventario bovino de hatos con sistema de ordeño mecánico en el norte de Antioquia.

Municipio	Inventario total					Grupo racial (%)		
	Bovinos total/hato	Vacas lactando (%)	Vacas secas (%)	Toros (%)	Animales levante (%)	Holstein	Jersey	* Otros
Bello	121±109	56.9	8.34	0.20	34.5	70.1	5.10	24.8
Belmira	106±62.3	51	10.6	0.73	37.7	68.3	11.8	19.9
Donmatias	87.6±45.5	58.4	9.48	0.49	31.6	73.6	13.3	13.2
Entrerriós	82.5±56.6	58.8	7.08	0.69	33.4	79.3	12.5	8.28
San José	73.8±19.5	43	9.25	0.60	47.1	75	8	17

San Pedro	83.4±70.8	65.8	8.27	0.25	25.7	80.4	9.55	9.98
Santa Rosa	85.9±51.2	52.8	10.2	0.68	36.6	79.4	9.67	11.1
Yarumal	75.17±50.55	57.36	9.33	1.16	32.14	75.00	12.50	12.57
Total	93.32±72.05	57.82	8.69	0.50	32.99	75.52	9.93	14.57

\* Se incluyen animales puros y cruzados diferentes a Holstein y Jersey.

La alimentación forrajera en los hatos participantes estaba basada en pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov. Morrone) con el 70.09% de los hatos en monocultivo y el 18.80% asociado con ryegrass (Tabla 7).

**Tabla 7.** Descripción del sistema de producción de forrajes en hatos con sistema de ordeño mecánico del norte de Antioquia.

Municipio	Rotación (días)	Pasto corte (%)	Realiza bromatológico (%)	Riego (%)	Realiza Aforo (%)	Especie forrajera (%)		
						Kikuyo	kikuyo-ryegrass	otros
Bello	41.7 ±7.60	12.5	54.2	54.2	50	70.8	25	4.17
Belmira	41.9 ±7.91	7.69	0	38.5	23.1	84.6	0	15.4
Donmatías	35.5 ±7.39	18.2	0	27.3	18.2	72.7	9.09	18.2
Entrerriós	41.3 ±5.37	17.4	8.70	26.1	34.8	82.6	4.35	13
San José	42.8 ±6.55	0	0	25	25	50	50	0
San Pedro	42.1 ±5.78	8	16	28	36	76	16	8
Sta Rosa	42.5 ±4.18	0	18.2	18.2	18.2	54.6	27.3	18.2
Yarumal	39.2±12.6	16.7	50	16.7	66.7	16.7	66.7	16.7
Total	41.2 ±6.95	11.1	20.5	32.5	35	70.1	18.8	11.1

La asociación kikuyo-ryegrass fue mayor en los hatos de Yarumal y San José de la Montaña (66.7 y 50%, respectivamente). El porcentaje de fincas con pastos de corte fue del 11.11%, en los municipios de Santa Rosa de Osos y San José de la Montaña no se observaron estas fuentes de forraje (Tabla 7). Resultados similares fueron reportados por Benavides Patiño (2016), quien encontró que el principal sistema de pasturas en el norte de Antioquia correspondía a pastoreo con Kikuyo y fueron diferentes a los obtenidos por Ruiz et al (2017) quienes reportaron asociaciones de gramíneas con leguminosas en cualquier proporción en el 66% de los hatos.

Las rotaciones de potreros duraron en promedio 41.2±6.95 días para el total de los hatos, siendo el municipio de Donmatías el que presentó menor periodo con 35.5 ±7.39 días, los demás municipios presentaron rotaciones entre 39.2±12.6 y 42.8 ±6.55 días promedio. El tipo de pastoreo más común es el pastoreo rotacional por franjas (88%). Benavides Patiño (2016) reportó para la misma región programas de manejo de forrajes de pastoreo similares, encontrando que el pastoreo rotacional en franjas con cerca eléctrica y dos franjas diarias (mañana y

tarde) se constituía en el sistema de manejo más común, con tiempos de rotación de potreros en un rango entre 35 y 45 días.

Dentro de las prácticas agronómicas se identificó que solo el 20.5% de los hatos hacen examen bromatológico, análisis que es poco común en los municipios de Donmatías, Belmira y San José de la Montaña. El nivel de implementación de sistemas de riego fue del 32.4%, siendo más frecuente en Bello y Belmira.

En cuanto a los sistemas de ordeño mecánico, se encontró que el 74.4% de las fincas poseían sala de ordeño (Tabla 8), siendo más frecuentes en los municipios de Belmira, Entrerriós, San Pedro de los Milagros y Donmatías con frecuencias mayores a 80%. Si se establece una diferenciación entre sistema en potrero y sistema de ordeño en sala como indicativos de tecnificación, en el presente estudio se evidencia una diferenciación entre los hatos de municipios cercanos a Medellín, con excepción de Bello, en los cuales se presentaron mayores proporciones de sistemas en sala. Este resultado fue similar al reportado por Ruiz et al (2017) para el municipio de San José de la Montaña predominaban sistemas de producción lechera con bajo nivel de intensificación, caso contrario sucedió para los municipios cercanos a Medellín y con precios de la tierra más altos (Ruiz et al 2017).

Se encontró que por cada ganadería se poseían 1.07 tanques de frío para el almacenamiento de leche y 1.18 equipos de ordeño, donde los municipios de Santa Rosa de Osos y Yarumal presentaron mayor número de equipos de ordeño y tanques de frío para almacenamiento de leche (Tabla 8).

**Tabla 8.** Descripción de sistemas de ordeño y sistema de almacenamiento de leche en hatos lecheros con ordeño mecánico del altiplano norte de Antioquia.

Municipio	Número tanques	Número equipos de ordeño	Sitio de ordeño (%)		Línea de conducción de leche (%)			
			Potrero	Sala	Alta	Media	Baja	Cantina
Bello	1.13±0.34	1.17±0.38	95.83	4.17	25	0	8.33	66.7
Belmira	1	1.08±0.28	7.69	92.31	23.1	0	30.8	46.2
Donmatías	1.09±0.30	1.18±0.60	18.18	81.82	9.09	0	9.09	81.8
Entrerriós	1	1.13±0.34	13.04	86.96	17.4	4.35	4.35	73.9
San José	1	1	100	0	0	0	0	100
San Pedro	1	1.08±0.28	16	84	24	0	8	68
Santa Rosa	1.27±0.65	1.36±0.92	100	0	0	0	0	100
Yarumal	1.17±0.41	1.67±0.81	66.67	33.33	0	0	16.7	83.3
Total	1.07±0.28	1.18±0.48	25.64	74.36	17.1	0.85	9.40	72.7

La mayor proporción de equipos de ordeño poseen descarga a cantina (72.7%), en los municipios de Santa Rosa de Osos y Yarumal correspondió al total de hatos. Esta situación se debe en mayor proporción a la cantidad de equipos de ordeño mecánico en potrero que se encuentran en la zona, los cuales están diseñados para que la leche una vez ordeñada sea almacenada en cantina hasta ser transportada al tanque de frío, por esta razón, todos los sistemas de ordeño en potrero, poseen descarga a cantina. Para equipos que no poseían descarga en cantina, la conducción más común fue la de línea alta (17.1%).

Se observaron correlaciones entre medias a altas (mayor que 0.6 o menor que -0.6) para las variables cuantitativas ( $p < 0.05$ ), especialmente en las relacionadas con tamaño del sistema de producción, nivel productivo de la finca y la mano de obra (Figura 1).

**Figura 1.** Variables cuantitativas de caracterización de predios lecheros con sistema de ordeño mecánico en 8 municipios del norte de Antioquia. Las variables unidas con líneas de color verde y roja presentaron correlaciones superiores a 0.60 e inferiores a -0.60, respectivamente.

La agrupación de variables altamente correlacionadas ( $p < 0.05$ ) a través de un análisis de clúster para variables, permitió identificar 7 factores asociados a los sistemas de producción de los hatos (Figura 2). Cada uno de los factores presentó alfa de Crombach alto (mayor a 0.80), con una alta consistencia interna. De este modo, las variables que midieron las áreas destinadas a bosque y producción de leche fueron agrupadas y se correlacionaron alta y negativamente, conformando el clúster 2, el cual se encontró más alejado de los demás clústeres y se relacionó con la proporción de áreas de las fincas.

El clúster 5 incluyó la variable área total de la finca (expresada en hectáreas), agrupándola con el clúster 4, formado por la variable número de empleados fijos vinculados a la finca y el clúster 1, compuesto por el inventario total de animales en la finca y el número de vacas lactantes en el sistema de producción.

El clúster 5 se relacionó con el clúster 6 que estuvo formado por variables relacionadas con la capacidad de ordeño la finca, al incluir el número equipos de ordeño/hato y número de tanques de almacenamiento de leche/hato. Así, el clúster 6 relacionó todas las variables relacionadas con capacidad instalada y productiva de la finca y el clúster 2 proporciones de las áreas de las de la finca. El clúster 7, relacionó los clústeres 2 y 6, agrupando así todas las variables consideradas.

**Figura 2.** Agrupación y correlaciones de las variables cuantitativas empleadas para clasificar hatos lecheros con sistemas de ordeño mecánico del altiplano norte de Antioquia. ( $\alpha$ = alfa de Crombach;  $\beta$ = Beta de Revelle)

Los análisis de correlación policórica para las variables cualitativas ordinales y categóricas, mostró correlaciones entre medias a altas (mayores a 0.6) para las variables municipio, acceso al predio, sitio de ordeño, tipo de conducción de la leche en el equipo de ordeño, presencia de pasto de corte en la finca, realización de análisis bromatológicos, tipo de pastoreo, realización de pruebas de antibiótico para vacas con problemas de mastitis, estado de la certificación del hato en brucella y tuberculosis y certificación en BPG (Figura 3).

**Figura 3.** Variables cualitativas de caracterización de predios lecheros con sistema de ordeño mecánico en 8 municipios del norte de Antioquia.

Las variables unidas con líneas color verde y rojo presentaron correlaciones superiores a 0.60 e inferiores a -0.60, respectivamente.

VARIABLES RELACIONADAS CON PRÁCTICAS DE CONTROL DE PROCESOS Y GESTIÓN DEL HATO SE CORRELACIONARON ALTA Y POSITIVAMENTE ( $p < 0.05$ ). Así, la correlación de la práctica de “hacer antibiogramas a vacas con mastitis recurrente” y la “realización de análisis bromatológico regularmente” fue alta (0.85). La evaluación de la calidad del forraje y ajustar raciones para los animales a través de los bromatológicos se correlacionó con la realización de aforos (0.66). Los aforos además, presentaron correlación con el tipo de acceso al predio y el estado de la finca en cuanto a certificación para hato libre de brucellosis y tuberculosis. Los procesos de certificación como indicativo de gestión de calidad se vieron representados en las variables certificación en BPG y libre de brucellosis y tuberculosis. Estos resultados que relacionan la implementación de programas de certificación con el control y planeación del hato, ofrecen una visión sobre las estrategias de gestión que vienen implementando los ganaderos en la región, favoreciendo la toma de decisiones con enfoque basado en procesos, herramientas que permiten mejorar considerablemente la calidad higiénica y sanitaria de la leche e implementar programas nutricionales (Cerón-Muñoz et al 2015).

VARIABLES RELACIONADAS CON LOS PARÁMETROS AGROECOLÓGICOS PRESENTARON CORRELACIONES ENTRE EL MUNICIPIO Y EL SITIO DE ORDEÑO (SALA O POTRERO). La conducción de la leche en el equipo de ordeño, que obedece al diseño del mismo, se correlacionó la ubicación del sistema de ordeño (potrero o sala).

Por último, correlaciones altas y negativas fueron observadas entre los tipos de pastoreo (franjas o rotacional por franjas) y la utilización de pastos de corte en los sistemas de producción lechera con ordeño mecánico en el norte de Antioquia.

Para las variables cualitativas, el análisis de clúster permitió identificar tres grupos de variables que explicaron los sistemas de producción lechera con equipos de ordeño mecánico del norte de Antioquia. Un primer grupo se relacionó con la producción de forrajes, el segundo con demografía y sistema de ordeño y el tercero con gestión de calidad (Figura 4).

Las variables relacionadas con el tipo de pastoreo de los animales y la presencia de pasto de corte fueron agrupadas en el clúster 2. El clúster 8, que agrupó variables espaciales o de ubicación y de equipo de ordeño estuvo compuesto por variables asociadas con el tipo de conducción de la leche en el equipo de ordeño y la especie de pasto utilizada en los hatos, estas dos variables fueron agrupadas en el clúster 5, el cual junto con el clúster 3 conformaron el clúster 8. Dentro del clúster 3, fueron agrupados el municipio donde se ubicaban los hatos y el sitio del ordeño en la finca (sala o potrero).

Las variables relacionadas con gestión de calidad en los hatos formaron el clúster 7, el cual a su vez se vio formado por la agrupación de la variable que reunió la realización de foros con el clúster 6. Dos grupos de variables definieron el clúster 6, el primero correspondió al clúster 4, conformado por la relación de las variables certificación de predio libre de brucelosis y tuberculosis y certificación en BPG. El segundo grupo, conformado por la realización de pruebas de antibiograma a vacas con mastitis recurrente y el análisis bromatológico de pastos para el balanceo de las raciones de los animales y el ajuste de capacidades de cargas y estimación de consumos de materia seca en los hatos, conformando así el clúster 1.

**Figura 4.** Agrupación y correlaciones de las variables cualitativas empleadas para clasificar hatos lecheros con sistemas de ordeño mecánico de 8 municipios del norte de Antioquia. ( $\alpha$ = alfa de Crombach;  $\beta$ = Beta de Revelle)

## Conclusiones

- El altiplano norte de Antioquia viene presentando un proceso de adaptación productiva y tecnológica que responde a las demandas de la industria, lo cual se traduce en una mayor eficiencia de producción por

operario y unidad de área, aspecto que es mucho más evidente en los municipios cercanos al principal centro urbano de la región, especialmente en los municipios de Bello, San Pedro de los Milagros y Entreríos. Para los hatos evaluados se encontró que los parámetros de calidad higiénica y sanitaria de la leche de tanque no cumplen con los parámetros de referencia sugeridos para la región y los reglamentados a nivel nacional e internacional.

- La implementación de estrategias de control productivo permite a los productores tomar decisiones y generar acciones de mejora programas de gestión como buenas prácticas ganaderas en hatos del altiplano norte de Antioquia. La implementación de sistemas de ordeño mecánico en la región obedece a la misma tendencia, determinando no solo el nivel de tecnificación sino también las características y sitio de ubicación de los mismos, constituyéndose en un factor determinante en la estructura productiva de cada municipio, lo que permite establecer diferencias en las localidades cercanas a la ciudad de Medellín y de los municipios con mayor incidencia de ordeños mecánicos en potreros y menores niveles de implementación de las BPG.

## **Agradecimientos**

Al 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 del grupo GAMMA).

Al Programa Nacional de Formación de Investigadores - Becas COLCIENCIAS para la formación doctoral en Colombia a través de la convocatoria 567 de 2012.

## **Referencias**

**Aguilera M, Bruna G, Brzovic F, Cerda R, Clark M, Chandía A, Domínguez J I, Espinoza A, Faúndez M, García P, Jara C, De Kartzow A, Kern W, Lerdón J, Marchant R, Mora M, Olavarría J, Paillacar R, Quijada A, Troncoso J L y Vargas G 2003** Fundamentos de gestión para productores agropecuarios: tópicos y estudios de casos consensuados por universidades chilenas. Editorial Programa de Gestión Agropecuaria de Fundación Chile. Santiago de Chile. 77p

**Barkema H W, Schukken Y H, Lam T J G M, Beiboer M L, Benectus G and Brand A 1999** Management Practices Associated with the Incidence Rate of Clinical Mastitis. *Journal of Dairy Science*. 82(8):1643–1654.

**Barrios H D y Olivera A M 2013** Análisis de la competitividad del sector lechero: caso aplicado al norte de Antioquia, Colombia. *Revista Innovar*, 23(48):33-41. <http://www.scielo.org.co/pdf/inno/v23n48/v23n48a04.pdf>

**Benavides Patiño L M 2016** Análisis energético y balance de nitrógeno a escala predial en sistemas ganaderos de lechería especializada en el norte de Antioquia con niveles de intensificación alto, medio y bajo. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/55912/1/1090387550.2017.pdf>

**Cerón Muñoz M F, Gutiérrez Zapata D M, Bolivar Vergara D M, Bedoya G I y Palacio L G 2015** Toma de decisiones basada en gestión de procesos: impacto en sistemas intensivos de producción de leche. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 27, Article #245. <http://www.lrrd.org/lrrd27/12/cero27245.html>

**FEDEGAN 2010** Costos e indicadores de la productividad en la ganadería colombiana. Foro Empresarización y competitividad ganadera. <https://es.slideshare.net/Fedegan/costos-e-indicadores-de-la-productividad-en-la-ganaderia-colombiana>

**Holmann F, Rivas L, Carulla J, Rivera B, Giraldo L A, Guzmán S, Martínez M, Medina A y Farrow A 2004** Producción de leche y su relación con los mercados; caso Colombiano. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 80p. [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/tropileche/books/Produccion\\_leche\\_relacion\\_mercados\\_caso\\_Colombia.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/tropileche/books/Produccion_leche_relacion_mercados_caso_Colombia.pdf)

**MADR Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2012** Resolución Número 000017 de 2012 Por la cual se establece el sistema de pago de la Leche Cruda al Proveedor. Colombia. <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/d.angie/Res%20%20000017%20de%202012.pdf>

**Márquez S 2011** Análisis histórico de la intervención productiva y reproductiva en un sistema de ganadería de leche especializado en el altiplano norte de Antioquia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(3): 401-401

**MPS Ministerio de la Protección Social 2006** Decreto 616 de 2006 Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendia, importe o exporte en el país. <https://www.ica.gov.co/getattachment/15425e0f-81fb-4111-b215-63e61e9e9130/2006D616.aspx>

**Pařilová M, Jeřková A, Stádník L and Štolc L 2010** Effect of milking vacuum and overmilking on selected milking characteristics. *Výzkum v chovu skotu*, 52(3):35-43.

**Posada S, Cerón J M, Arenas J, Fernando Hamedt J y Álvarez A 2013** Evaluación del establecimiento de ryegrass (*Lolium sp.*) en potreros de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) usando la metodología de cero labranza. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8(1): 23-32.

**R Core Team 2016** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

**Rasmussen M D and Madsen N P 2000** Effects of milking vacuum, pulsator airline vacuum, and cluster weight of milk yield, teat condition, and udder health. *Journal Dairy Science*, 83(1):77- 84

**Revelle W and Zinbarg R E 2009** Coefficients alpha, beta, omega and the glb: comments on Sijtsma. *Psychometrika*, 74:145-154 2009.

**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*. Volume 29, Article #7. <http://www.lrrd.org/lrrd29/1/boli29007.html>

**Ruiz Cortés T, Orozco S, Rodríguez L S, Idárraga J y Olivera M 2012** Factores que afectan el recuento de UFC en la leche en tanque en hatos lecheros del norte de Antioquia-Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1):147–155. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v15n1/v15n1a16.pdf>

**Santos D, Filippi A and Cecim M 2002** Susceptibilidade à mastite: fatores que a influenciam – uma revisão. Factors affecting mastitis susceptibility: a revision. *Revista da FZVA Uruguaiana*, 9:118-132

**Sinapis E, Diamantopoulos K, Abas Z and Vlachos I 2006** Effect of vacuum level on milking efficiency, somatic cell counts (SCC) and teat end wall thickness in ewes of Greek mountain Boutsiko breed. *Livestock Science* 104(1-2):128-134. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141306001156>

**Sinapis E, Marnet P G, Skapetas B and Hatziminaoglou I 2007** Vacuum level for opening the teat sphincter and the change of the teat end wall thickness during the machine milking of mountainous Greek breed (Boutsiko) ewes. *Small ruminant research*. 69(1-3):136-143. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448806000174>

**Skapetas B, Katanos J, Laga V, Sinapis E and Hatziminaoglou I 2008** Vacuum level for opening the teat sphincter and the change in the teat end wall thickness in response to the machine milking of indigenous Greek goats. *Czech Journal of animal Science*, 53(3):112-118

**Ströbel U, Rose-Meierhöfer S, Öz H and Brunsch R 2013** Development of a control system for the teat-end vacuum in individual quarter milking systems. *Sensors*, 13(6):7633-7651. <http://www.mdpi.com/1424-8220/13/6/7633/htm>

**Von Keyserlingk M A G, Martin N P, Kebreab E, Knowlton K F, Grant R J, Stephenson M, Sniffen C J, Harner J P, Wright A D and Smith S I 2013** Invited review: Sustainability of the US dairy industry. *Journal of Dairy Science* 96(9):5405–25.

*Received 31 January 2018; Accepted 4 April 2018; Published 1 May 2018*