

Caracterización de los sistemas de producción bovina de leche según el nivel de intensificación y su relación con variables económicas y técnicas asociadas a la sustentabilidad

J F Ruiz, M F Cerón-Muñoz¹, R Barahona-Rosales y D M Bolívar-Vergara

Grupo de Investigación BIOGEM, Facultad de Ciencias Agrarias Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Calle 59ª #63-20, Medellín, Colombia
jfruize@unal.edu.co

¹ *Grupo de Investigación en Genética, Mejoramiento y Modelación - GaMMA, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Carrera 75 No. 65-87, Bloque 47-233, Medellín, Colombia.*

Resumen

La estimación de la sustentabilidad en los sistemas de producción pecuaria ha ganado gran relevancia en los últimos años. El concepto de sustentabilidad incluye cuatro componentes, de los cuales, los técnicos y económicos resultan especialmente importantes en sistemas de producción vacuna de leche (SP). El objetivo de esta investigación fue caracterizar los SP según el nivel de intensificación (NI) y su relación con variables técnicas y económicas asociadas a la sustentabilidad. Se plantearon tres SP: bajo, medio y alto, con menos de 8761, entre 8761 y 16500 y con más de 16500 litros/ha/año, respectivamente. Se realizaron mediciones de campo y se aplicó una encuesta a productores y trabajadores vinculados a 60 fincas ubicadas en ocho municipios del Norte de Antioquia, Colombia. Se realizó un análisis de factor para datos mixtos y un análisis de clúster jerárquico en componentes principales. Para comparar las variables según el nivel de intensificación de los sistemas de producción, se utilizó un análisis de varianza de una vía. Los SP con NI alto tuvieron áreas de producción menores a 10 ha, presentaron producciones más altas por animal, incorporaron fertilizantes orgánicos en sus planes de fertilización, poseían cercas vivas, sus propietarios tenían buena percepción sobre el futuro de sus SP, contaban con relevo generacional, también tenían una buena percepción sobre el acceso al mercado y se dedicaban exclusivamente a la producción de leche. Los sistemas de producción de menor NI se caracterizaron por no realizar prácticas

para la conservación de los suelos, tenían mayores valores de compactación del suelo, presentaron entre un 50 y un 75% de cauces de agua protegidos por vegetación, depositaban las excretas directamente en los potreros sin realizar ningún tratamiento, tenían una baja utilización de agroquímicos y presentaron un mayor conteo de unidades formadoras de colonia en leche y la percepción de los productores con respecto al futuro de las lecherías fue regular, aunque su percepción sobre la calidad de vida fue buena. Los trabajadores de estos SP tuvieron una percepción regular de sus salarios y condiciones laborales. Estos predios se localizaron principalmente en el municipio de San José de la Montaña, en su mayoría está en calidad de arriendo y con áreas superiores a las 30 ha. Existe gran variabilidad entre los predios evaluados en la implementación de prácticas de manejo como intensidad de selección de animales, sistemas de pastoreo, fertilización en respuesta a los requerimientos de las pasturas, suministro de dietas balanceadas, entre otras prácticas, que están asociadas a diferencias en su capacidad de carga y en su productividad. Estas diferencias y las observadas dentro del componente económico, deben ser consideradas en el diseño de políticas y programas de asesoría técnica para los ganaderos de leche de esta importante región lechera colombiana.

Palabras clave: economía agraria, productividad, tecnificación

Characterization of milk production systems according to the level of intensification and its relationship with economic and technical variables associated with sustainability

Abstract

Sustainability in livestock production systems is one of the aspects that has gained more relevance in recent years. The concept of sustainability includes technical and economic components that are especially important in milk production systems (PS). The objective of this study was to characterize SP according to the level of intensification (LI) and its relation with technical and economic variables associated with sustainability. Three PS were proposed: low, medium and high production systems, with less than 8761, between 8761 and 16500 l and with more than 16500 liters/ha/year, respectively. Field measurements were carried out and a survey was applied to producers and workers associated to 60 farms located in eight municipalities in the north of Antioquia, Colombia. We performed a factor analysis for mixed data and a major

component hierarchical cluster analysis. In order to compare the variables according to the level of intensification of the production systems, a one-way analysis of variance was used. The PS with high LI had production areas smaller than 10 ha, had higher yields per animal, incorporated organic fertilizers in their fertilization plans, had live fences, farmers had good perception about the future of their PS, had generational relief, had a good perception of market access and were exclusively engaged in milk production. The lower LI production systems were characterized by not carrying out soil conservation practices, had higher soil compaction, presented between 50 and 75% of water sources protected by vegetation, deposited the excreta directly in the pastures without any treatment, had a low use of agrochemicals, presented a higher count of colony forming units in milk and the perception of the producers regarding the future of their dairies was uncertain, although their perception on the quality of life was good. The workers of these PS had a diminished perception of their wages and working conditions. These farms were located mainly in the municipality of San José de la Montaña, most of them are leased and have areas of over 30 ha. There is great variability among farms evaluated in the implementation of management practices such as intensity of animal selection, grazing systems, fertilization in response to pasture requirements, provision of balanced diets, among other practices, which are associated with differences in their carrying capacity and productivity. These differences and those observed within the economic component should be considered in the design of policies and technical assistance programs for dairy farmers in this important Colombian dairy region.

Keywords: *agrarian economy, productivity, technification*

Introducción

Existe gran interés a nivel mundial en que las empresas agropecuarias realicen sus actividades productivas de manera sustentable. Aunque varios autores reconocen que no se puede circunscribir el concepto de sustentabilidad a una definición estrecha de carácter universal y única (Altieri et al 1999; Masera y López 2000; Pretty 1995), existen criterios básicos para delimitar la definición de sustentabilidad agropecuaria. Estos criterios se fundamentan en los siguientes principios: 1) Ecológicamente válida: lo que se refiere al mantenimiento y restauración de los recursos naturales y aplica acciones dirigidas al uso de recursos minimizando pérdidas de nutrientes, energía y reduciendo la contaminación, 2) Económicamente viable: que implica garantizar retornos suficientes para cubrir los costos, asegurando una fuente permanente de ingresos, con altos niveles de productividad para la continuidad del sistema y 3) Socialmente justa: de tal forma que el poder y los recursos deben ser distribuidos

de forma equitativa, promoviendo la autogestión y garantizando la participación en el control de los medios de producción y de los recursos naturales.

El nivel de intensificación (NI) del sistema de producción bovino de leche (SP) está relacionado con dos aspectos fundamentales, siendo estos la adopción de un SP con un mayor grado de confinamiento, y la concentración de la producción en un área menor. El NI ha estado acompañado de un gran incremento en la producción (FAO 2016). Desde el aspecto de la lechería se establece el NI como la cantidad de litros de leche producidos por hectárea y a su vez tiene en cuenta la concentración de los residuos que se generan de esta actividad pecuaria (Ruiz et al 2017a).

El NI implica retos en cuanto a la sustentabilidad social, ambiental y económica. El NI, la sustentabilidad y su relación debe: 1) Garantizar el suministro de alimentos a los consumidores finales en precios razonables, 2) Mejorar la calidad de vida de los actores del sistema, 3) Estabilizar los mercados a través de una oferta constante, 4) Permitir el uso racional de insumos y recursos y 5) Aumentar la eficiencia de uso de recursos. Esto debe lograrse sin dejar de lado la protección de la biodiversidad mediante la prevención de los daños derivados del uso abusivo de los insumos o de la sobreexplotación de los recursos que se utilizan en los sistemas de producción intensivo, siendo realmente importantes para la sustentabilidad (FAO 2012; Ruiz et al 2017b). Antioquia es el departamento con la mayor producción de leche en Colombia con aproximadamente 3.5 millones de litros diarios; siendo su cuenca de mayor producción la subregión Norte del Departamento (Bastidas et al 2016). Se ha reportado como en los últimos años, la producción de leche ha sido cada vez mayor debido al aumento en el número de bovinos, al igual que la mejora de los pastos y la adopción de programas de cría de ganado de leche (Bastidas et al 2016), llevando a que la lechería especializada sea una importante actividad económica en esta región de Antioquia. Dado lo anterior, el objetivo de esta investigación fue caracterizar los SP en la subregión Norte de Antioquia, Colombia, según el NI y su relación con variables técnicas y económicas que afectan el desarrollo sustentable.

Metodología

Ubicación

El estudio se realizó en la subregión Norte de Antioquia, Colombia (latitud $6^{\circ}17'14''$ N hasta $7^{\circ}14'31''$ N y longitud $75^{\circ}11'45''$ W hasta $75^{\circ}44'03''$ W, y altitud desde 2050 hasta 2875 msnm. Se escogieron 60 fincas distribuidas en los municipios de Bello (8), San Pedro (11), Don Matías (5), Entreríos (5), Belmira

(8), San José de la Montaña (9), Santa Rosa de Osos (10) y Yarumal (4). La selección se realizó teniendo en cuenta la disponibilidad de los productores para participar de forma voluntaria en la investigación.

Toma de la información

Las variables técnicas se construyeron con información del control lechero y gerencial de los hatos y la aplicación de encuestas a los productores. La información productiva, reproductiva y sanitaria de los animales (producción de leche por animal, duración de la lactancia, intervalo entre partos, edad al primer parto, entre otras) fue tomada de un control lechero (ICAR 2016) realizado entre el 2013 y el 2015 con el proyecto “Fortalecimiento de la cadena productiva de leche del Distrito del Norte Antioqueño”. Como parte de este control se tomaron muestras de leche de cada vaca y de tanque de enfriamiento o cantina para determinar la cantidad de grasa (G), proteína (P), nitrógeno ureico (MUN), conteo de células somáticas (RCS) y unidades formadoras de colonia (UFC). Estos análisis fueron realizados en el laboratorio de calidad e inocuidad de leche cruda de la Universidad de Antioquia en equipos CombiFoss Plus MilkoScan (Foss®, Denmark) y Bactoscan (Foss®, Denmark).

Se aplicaron encuestas estructuradas a los propietarios y a los operarios de las lecherías, con el fin de corroborar y coleccionar información sobre aspectos técnicos como manejo de potreros (tamaño, especies, sistema de pastoreo, fertilización (fertilizantes utilizados y dosis), control de arvenses y plagas, producción de forrajes, cercas, etc.), manejo de los animales (inventario, alimentación, sanidad, certificaciones de hatos libres de brucelosis y tuberculosis, parámetros de la reproducción), productividad animal (producción diaria de leche por hectárea y por animal, duración de la lactancia, número de partos al año, intervalo entre partos, peso al destete, edad al primer parto y relación leche concentrado), manejo de registros productivos, utilización de insumos, infraestructura (corrales, sala de ordeño, tanques de almacenamiento de agua, vivienda, bodega), información sobre equipos (vehículos, implementos para preparación de suelos, motobomba, ariete, hidrolavadora, guadaña y pica pasto) y aspectos económicos (precio de compra de insumos, precio venta de leche, precio venta de animales, costos de producción y activos). También se tuvo en cuenta la topografía y el municipio.

Las variables económicas se obtuvieron a partir de información de facturas y colillas de pago por un período de 12 meses y se calculó el costo del litro de leche, relación beneficio costo, margen bruto, rentabilidad, punto de equilibrio y margen de seguridad.

Los predios fueron agrupados según su NI de acuerdo a su producción de leche (litros/ha/año) en bajo (menor a 8761), medio (entre 8762 y 16500) y alto (mayor a 16500).

Análisis estadístico

Para caracterizar los predios se realizaron análisis de factor para datos mixtos (FAMD) y análisis de clúster jerárquico en componentes principales (HCPC), con un valor de significancia 0.05, con la librería FactoMineR (Husson et al 2015) del R-Project software (R Core Team 2014). Para comparar las variables según el NI, se utilizaron análisis de varianza de una vía.

Resultados y Discusión

El número de predios por NI y municipio se indica en la Tabla 1. En los municipios de Bello, Entrerrios y San Pedro de los Milagros, se ubicaron el 70% de los sistemas de producción de lechería que presentaron mayor NI. En estos predios se observó un promedio de producción de 29323 litros/ha/año, lo que está influenciado en gran medida por su gran tradición en la producción de leche y por la cercanía que tienen estos municipios a la ciudad de Medellín. Su ubicación facilita la implementación de tecnología, mayores controles por parte de los productores y mejor aprovechamiento de la tierra por parte de los propietarios, ya que estos predios al estar más cerca de Medellín tienen un valor comercial más alto.

Por su parte, en los municipios de San José de la Montaña, Santa Rosa de Osos y Don Matías, se ubicaron el 80% de los sistemas de producción que presentaron el menor NI. En estos predios se observó un promedio de producción de 4586 litros/ha/año. En San José de la Montaña esta producción por hectárea al año, puede estar asociada con mayor distancia a la ciudad de Medellín, además que este municipio es el que ha tenido menor tiempo de intervención por parte de los productores de leche, aunque en los últimos años se ha dado un significativo aumento en la actividad lechera (Arenas y Cano 2014). En el Plan de Desarrollo del Municipio San José de la Montaña se afirma que del área total del municipio, el 99.77% corresponde a la zona rural, la cual en su mayor parte está destinada a la producción pecuaria en fincas de ganadería de leche con un nivel de tecnificación de mediano a bajo y no se presentan procesos de transformación de la leche, limitando el desarrollo económico que se podría tener en el municipio (Arenas y Cano 2014).

En el municipio de Santa Rosa de Osos, la economía se sustenta en programas pecuarios, siendo la lechería el renglón de mayor impacto. Con esta tendencia se esperaba promover la construcción de infraestructura para los procesos de reconversión técnica de la ganadería lechera buscando que sea económica, ambiental y socialmente sustentable en el tiempo (Plan de Desarrollo 2012 - 2015).

Tabla 1. Número de sistemas de producción de leche agrupados por nivel de intensificación y por municipio de Antioquia incluidos en el estudio

| | Nivel de intensificación | | | Total |
|----------------------------------|--------------------------|-------|------|-------|
| | Bajo | Medio | Alto | |
| Bello | 0 | 3 | 5 | 8 |
| Belmira | 2 | 4 | 2 | 8 |
| Don Matías | 3 | 1 | 1 | 5 |
| Entrerriós | 0 | 2 | 3 | 5 |
| San José de la Montaña | 9 | 0 | 0 | 9 |
| San Pedro de los Milagros | 1 | 4 | 6 | 11 |
| Santa Rosa de Osos | 4 | 4 | 2 | 10 |
| Yarumal | 1 | 2 | 1 | 5 |
| Total | 20 | 20 | 20 | 60 |

Bajo: producción de leche menor a 8761 litros/ha/año; Medio: producción entre 8762 y 16500 litros/ha/año; Alto: producción mayor a 16500 litros/ha/año

Para caracterizar los predios se tuvieron en cuenta seis variables relacionadas con la sustentabilidad económica (Tabla 2). Los sistemas de producción en la región presentaron problemas en cuanto a la organización de la información económica, ya que parte de los productores no contaban con información contable, desconociendo así los costos de producción y la realidad económica de sus empresas. Únicamente en 31 de los 60 predios se obtuvo información económica confiable. Con base en la información recolectada, se encontraron indicadores económicos similares a los reportados por Barrios y Olivera (2013), quienes reportaron una rentabilidad para la lechería especializada del norte de Antioquia del 27.3% y una relación costo/beneficio de 1.26. Por su parte, Castillo et al (2012), reportaron para dos sistemas de lechería especializada en México, una rentabilidad del 53% y una relación costo/beneficio de 1.43; aspecto que podría obedecer a las diferentes políticas agrarias que se tienen en cada país, al costo de materiales e insumos para la producción y al precio de venta de la leche.

El costo de producción por litro de leche varió entre 564 y 930 COP (0.19 y 0.32 US). Esta variación se debe principalmente a la diversidad en los volúmenes de producción y compras de insumos a gran escala, junto con la distancia y facilidad de acceso a los predios. Sin embargo, hay otros factores que incrementaron los costos de producción y que pueden ser manejados por los productores como son la organización en la compra y manejo de los inventarios, los planes de

fertilización adecuados para evitar subutilizar o desperdiciar los fertilizantes, el control en el suministro de concentrados, el manejo de las pasturas, los planes de reproducción y mejoramiento genético. El promedio del costo de producción fue de 758 COP (0.26US) por cada litro de leche, ligeramente por debajo al reportado por FEDEGAN (2015) para la región de Antioquia 748 COP (0.25US).

Tabla 2. Indicadores económicos de sistemas de producción bovina de leche en el Norte de Antioquia según el nivel de intensificación de los predios

| Variable | Media General | Rango | Nivel de intensificación | | |
|--------------------------------|---------------|-------------|--------------------------|-------|-------|
| | | | Bajo | Medio | Alto |
| Costo litro de leche (COP) | 758±103 | 564-930 | 792 | 735 | 740 |
| Beneficio/costo | 1.24±0.23 | 0.77-1.70 | 1.13 | 1.28 | 1.34 |
| Margen bruto (COP en millones) | 4.38±4.41 | -1.35-14.75 | 3.66 | 4.02 | 5.50 |
| Rentabilidad (%) | 20.53±13.82 | 13.84-43.37 | 12.55 | 23.36 | 27.00 |
| Punto de Equilibrio (l/ha/año) | 11171±9256 | 2752-43157 | 14979 | 11920 | 6738 |
| Margen de seguridad (%) | 96.38±69.87 | -37.3-224 | 40.21 | 123 | 131 |

Bajo: producción de leche menor a 8761 litros/ha/año; Medio: producción entre 8762 y 16500 litros/ha/año; Alto: producción mayor a 16500 litros/ha/año

Para ninguna de las variables económicas evaluadas se encontró diferencia entre los NI ($p > 0.05$). Posiblemente no se detectó diferencia debido a que los parámetros evaluados variaron ampliamente dentro del nivel de intensificación. Como ejemplo se puede citar el costo de producción de un litro de leche (COP), el cual varió entre 679 y 930 (0.23 y 0.32 US), entre 564 y 926 (0.19 y 0.31 US) y entre 600 y 919 (0.20 y 0.31US), en los NI bajo, medio y alto respectivamente. Así mismo la relación beneficio/costo varió entre 0.77 y 1.44, 1.08 y 1.70 y entre 1.07 y 1.63, obteniendo una rentabilidad entre -13.84 y 29.74, entre 6.75 y 43.37 y entre 16.3 y 39.4%, en los niveles bajo, medio y alto respectivamente. En los sistemas de producción con NI bajo se encontraron fincas con pérdida económica, mientras que los sistemas de producción con NI medio y alto la rentabilidad siempre fue positiva.

Se encontró un amplio rango en los costos de producción, pero sin diferencia entre los niveles de intensificación. Sin embargo, se observaron diferencias importantes en la estructura de costos. Mientras la alimentación (representada en el suministro de concentrados fundamentalmente) representó el 51 y 50% en los niveles bajo y medio, fue del 38% en el nivel alto. Las fincas con NI bajo y medio presentaron similares costos por el uso de fertilizantes (17% vs 18%), inferior al encontrado para las fincas con NI alto (27%). Esto indica que mientras

en unas fincas mejoran la dieta de los animales a través del uso de concentrados, otras lo hacen incrementando la producción y el valor nutricional de los pastos a través de la fertilización. Los fertilizantes químicos más utilizados fueron del grado (N-P-K-Mg-S) 31-8-8-2-3, 35-10-5-1+1S, 34-5-4 y 46-0-0; los fertilizantes orgánicos más utilizados fueron porquinaza y bovinaza, sin realizar análisis composicional. El promedio de nitrógeno suministrado a los potreros por medio de fertilizantes químicos fue de 386 y 392 kg/ha/año en las fincas con NI bajo y medio, respectivamente. Las fincas con alto NI fertilizaron con 532 kg/ha/año, valores superiores a los recomendados por Mejía-Taborda et al (2014) para el pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone) en esta zona (320 ha/año) y a lo recomendado por Soto et al (2005) quienes sugirieron que no es necesario fertilizar las praderas después de cada pastoreo. Lo anterior conlleva a un mayor costo de producción, además del riesgo de contaminación de las aguas y pérdida de N en forma de NO₂, uno de los principales gases con efecto de invernadero.

La utilización de medicamentos representó 2.29, 1.64 y 2.92% en las fincas con NI bajo, medio y alto, respectivamente. Los costos relacionados con mano de obra fueron similares en las fincas con NI bajo y medio (18.20 y 18.07%), superior a los encontrados para NI alto (16.03%).

En las visitas realizadas se pudo constatar que algunos productores presentaron costos de producción elevados debido a la falta de orden en el manejo de inventarios, planes de fertilización y compra de insumos. Bajos costos de producción se encontraron en fincas que contaban con programas de fertilización con base a análisis de suelos y con buena planificación de la compra de insumos, lo que contribuye a disminuir considerablemente los valores de los insumos y los costos de transporte. Es importante resaltar que sólo el 60% de los productores realizaban análisis de suelos, práctica que contribuye con un mejor aprovechamiento del fertilizante, además de su bajo costo.

La rentabilidad y la relación beneficio/costo no solo depende de los costos de producción, sino del precio de venta, el cual presentó alta variación. Los precios de venta (COP) en promedio fueron 920, 945 y 988 (0.31, 0.32 y 0.33 US) con un rango de 730 – 978, 896 – 996 y 930 – 1,115 (0.25 - 0.33, 0.30 - 0.34 y 0.32 - 0.38 US) para los niveles bajo, medio y alto, respectivamente, aunque se observaron mayores precios con la mayor intensificación, dicha diferencia no fue significativa, probablemente debido a la alta variación que presentó en los tres NI.

En cuanto a las variables asociadas a la sustentabilidad técnica, los predios evaluados presentaron un promedio de 58 vacas en producción de leche, con

18.07±3.89 litros/vaca/día, una duración promedio de la lactancia de 328±33 días y un intervalo entre partos de 401 ±38 días. El 90% de las fincas evaluadas contaban con certificados de hatos libres de brucelosis o tuberculosis (Tabla 3). Márquez et al (2011) reportaron para la misma región promedios de 16.29 litros/vaca/día y un intervalo entre partos de 425 días, parámetros inferiores a los encontrados en el presente estudio. Por su parte, Ortega (1997) reportó una producción de 7.49 litros/vaca/día, y el intervalo entre partos fue mayor al encontrado en nuestro estudio (489 días), demostrando la mejora en la región a través de los años.

No obstante, al comparar esta producción con la de otros países demuestra que la mejora tiene que ser constante; países potencia en la producción láctea como Francia tiene un promedio de 29 litros/vaca/día en sistemas de producción intensivos (Salou et al 2017) y Estados Unidos de 37.6 litros/vaca/día (Holstein Association USA, Inc. 2017). Aunque estos países tienen condiciones de manejo muy diferentes a las de Colombia, demuestran el potencial genético de los animales para generar mayores producciones.

Tabla 3. Caracterización técnica de sistemas de producción de leche en la zona Norte de Antioquia según el nivel de intensificación

| Variable | Media | Rango | Nivel de intensificación | | |
|--|-------------------------|-------------|--------------------------|---------------------|------|
| | | | Bajo | Medio | Alto |
| Producción de leche promedio (litros/vaca/día) | 18.10±3.89 | 12-25.2 | 15.4 ^b | 18.8 ^a | 19.2 |
| Intervalo entre partos (días) | 401 ±38 | 344-458 | 403 | 402 | 398 |
| Relación leche y concentrado | 4.25±1.33 | 2.24-10.8 | 4.40 | 4.40 | 3.90 |
| Duración de la lactancia (días) | 328±33 | 210-425 | 326 | 330 | 325 |
| Unidades formadoras de colonia (miles/ml) | 41.13±61.97 | 1-349 | 70.3 ^b | 27.85 ^{ab} | 24.4 |
| Grasa (%) | 3.74±0.35 | 2.86-4.63 | 3.75 | 3.65 | 3.8 |
| Proteína (%) | 3.16±0.13 | 2.97-3.64 | 3.17 | 3.13 | 3.19 |
| Células somáticas (miles células/ml) | 281±132 | 53.33-769 | 311 | 263 | 269 |
| Nitrógeno ureico en leche (mg/dl) | 18.84±2.72 | 13.16-22.85 | 19.38 | 18.62 | 18.5 |
| Litros diarios por predio | 744±579 | 100-3500 | 538 | 911 | 783 |
| Hatos libres de brucelosis y tuberculosis (%) | Ninguna | | 15 | 10 | 5 |
| | Un certificado | | 50 | 30 | 30 |
| | Dos certificados | | 35 | 60 | 65 |
| Sistema de ordeño (%) | Manual | | 55 | 15 | 20 |
| | Mecánico | | 45 | 85 | 80 |
| Sistema de reproducción (%) | Monta natural | | 65 | 30 | 25 |
| | Inseminación artificial | | 35 | 70 | 75 |

| | | | | |
|------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Área de pastoreo | Menos de 10 ha | 5 ^b | 20 ^b | 45 ^c |
| | De 10 a 19 ha | 15 | 35 | 40 |
| | De 20 a 30 ha | 20 | 20 | 5 |
| | Más de 30 ha | 60 ^b | 25 ^{ab} | 10 ^c |

Bajo: producción de leche menor a 8761 litros/ha/año; Medio: producción entre 8762 y 16500 litros/ha/año; Alto: producción mayor a 16500 litros/ha/año Valores con letras diferentes presentan diferencias significativas con $p > 0.05$

Los predios de alto NI presentaron mayores producciones de leche por animal que los hatos de bajo NI ($p < 0.05$). En estos sistemas se hace una alta selección de los animales, en la mayoría se utiliza la inseminación artificial, ordeño mecánico (en potrero y en sala), se hace un uso intensivo de las pasturas (renovación de potreros, franjeo) y una mayor utilización de insumos (fertilizantes, concentrados). Estos datos concuerdan con lo reportado por Salou et al (2017), quienes, al investigar sobre la intensificación de los sistemas de producción de leche de Francia, encontraron que a medida que se iban intensificando los sistemas de producción aumentaba la producción de leche por animal, lo que se ve fuertemente influenciado por la alta selección de animales y por el incremento en el suministro de concentrados.

Los hatos con bajo NI presentaron mayores UFC que los hatos con alto NI ($p < 0.05$); en los resultados obtenidos se observó que el 55% de los sistemas de producción de NI bajo utilizaban ordeño manual, con pobres protocolos de higiene y prolongados tiempos entre el ordeño y la refrigeración de la leche, lo que hace más vulnerable el producto a la contaminación por agentes externos. Esto puede explicar en parte el menor precio de venta de la leche; además solo el 35% de las fincas con bajo NI contaban con la certificación de hatos libres de brucelosis y tuberculosis, mientras que el 65% de los hatos con NI alto contaban con ambos certificados, accediendo a la bonificación e impactando el precio de venta. Sin embargo, los parámetros reportados en los tres niveles de intensificación clasifican la leche como de buena calidad higiénico-sanitaria. Ruiz et al (2012) encontraron en un estudio realizado en sistemas de lechería del Norte de Antioquia que los recuentos de UFC eran mayores en los sistemas que tenían ordeño manual que en las lecherías con ordeño mecánico.

Finalmente, se encontró diferencia significativa en el tamaño de los sistemas de producción con relación al NI, presentando tamaños más pequeños los sistemas de producción de NI alto. Estos datos concuerdan con lo reportado por Veneranda et al (2012), donde se encontró diferencia significativa en el área de los sistemas de producción con respecto a los niveles de intensificación, estos autores atribuyen dicha diferencia a la menor carga animal que se ejerce sobre los sistemas de producción de NI bajo, lo que repercute en una menor producción de leche por ha.

Al comparar los resultados obtenidos en la presente investigación con investigaciones de otros países, se puede apreciar que las diferencias en el uso de los recursos, que se expresan en los resultados productivos y económicos son la clave en cuanto a la intensificación de los sistemas de producción de lechería especializada. Trabajos realizados en Argentina, demostraron que la diferencia en productividad de estos sistemas es explicada fundamentalmente por la mayor carga animal por hectárea e indicaron que aún existen amplias posibilidades de mejorar productiva y económicamente en el proceso de intensificación de los modelos extensivos (Veneranda et al 2012).

Fariña et al (2011) en Australia, plantearon opciones para aumentar la productividad que se reducen a aumentar la producción de leche por hectárea de forma rentable, a través de aumento de carga animal, de la producción individual, o de ambas. Esto implica convertir más alimento en leche a través del aumento de la producción y utilización de forraje en el rebaño y de la mejora de la eficiencia de uso del alimento comprado (concentrado).

La calidad composicional de la leche encontrada en el presente estudio es mejor que la reportada por Montoya et al (2004), quienes encontraron en un sistema de producción ubicado en San Pedro de los Milagros, contenidos de grasa de 2.85%, proteína de 3.06% y valores de MUN de 19.12 mg/dl. Por otro lado, Barrios y Olivera (2013), en un estudio realizado en seis municipios del Norte de Antioquia, reportaron valores de UFC de 93.36 unidades/ml y de RCS de 250 mil células/ml, valores mayores a los encontrados en este trabajo. Según la tabla de clasificación de la leche por calidad propuesta por Calderón et al (2006), la leche encontrada en la subregión Norte de Antioquia se puede clasificar como regular de acuerdo a su RCS, buena por su contenido de proteína y excelente en cuanto a grasa y UFC, mostrando un gran adelanto en la implementación de los protocolos de ordeño y planes de alimentación por parte de los productores de la región.

En el recuento de células somáticas, se obtuvieron valores similares a los reportados por Cerón-Muñoz et al (2015), para esta misma zona de estudio (263.856 células/ml). Un conteo de células somáticas mayor de 200000 células/ml puede estar asociado a la presencia de mastitis subclínica y conteos de células somáticas por debajo de 400000 células mL⁻¹ son típicos de los hatos que poseen buenas prácticas de manejo, pero que no hacen un particular énfasis en el control de la mastitis (Hernández y Bedolla 2008), siendo este el caso de los sistemas de producción del Norte de Antioquia. A pesar que la mastitis es la causa más común de aumento en el RCS, existen otros factores que afectan este parámetro como son el grupo racial, la finca, el manejo de cada hato, la época del año, la hora del ordeño, entre otros (Cerón-Muñoz et al 2007).

Dentro de las variables técnicas se pudo observar que solamente el 28.3% de los predios de la región presentaron una relación leche concentrado mayor de 4, lo que puede ser explicado por el poco control que se lleva en las fincas de este parámetro. La mayoría de los sistemas de producción ofrecen el concentrado a voluntad durante el ordeño, sin importar la producción de leche de los animales. En estos predios se utiliza el concentrado principalmente para facilitar el ordeño, lo que lleva a un incremento en el uso de los concentrados, los cuales influyen en gran medida los costos totales de producción.

La diferencia entre los parámetros productivos está fuertemente ligada a las tecnologías y prácticas de manejo que se tienen en los diferentes sistemas de producción. Entre las prácticas evaluadas se encontró que el 70% contaban con ordeño de tipo mecánico y el 60% de uso de inseminación artificial, aspectos que se han mejorado con el tiempo. Por ejemplo, Holmann et al (2004) reportaron que en la región de estudio solamente el 16.5% tenía ordeño mecánico. Estos autores también mencionaron que solo en el 35.1% de las fincas se utilizaba la inseminación artificial y según Ortega (1997) solo el 24%. Lo anterior demuestra que se ha aumentado la adopción de tecnología durante los últimos años, que llevan a los ganaderos a ser más competitivos frente a unos mercados cada vez más exigentes, en cuanto a la calidad de los productos generados en la finca.

En cuanto a la caracterización topográfica, se encontró que el 50% de los predios incluidos en el estudio tenían una topografía ondulada, lo que dificulta en parte la mecanización de los predios, lo que incrementa los costos de producción y disminuye los parámetros productivos de las pasturas. El uso de este tipo de terrenos también hace que se presente mayor erosión de los suelos y que haya un mayor desgaste energético de los animales, lo que se ve reflejado en menores producciones de leche.

La agrupación de predios en análisis de clúster generada por la asociación del NI y las variables de la sustentabilidad económica se observan en la Figura 1. Los predios considerados de alto y medio NI se agruparon principalmente en el clúster 2, mientras que la mayoría de los predios de bajo NI se agruparon en el clúster 1. El clúster 3 fue formado por una finca que se diferencia de las otras por la optimización en el número de operarios y sus funciones, además utiliza fertilización orgánica proveniente de su granja porcina, tiene bajos costos de producción y asistencia técnica permanente y se preocupaba por la cantidad de leche y no por la calidad composicional (grasa y proteína), manifestando que el esquema de pago actual pondera de mayor forma el volumen de leche. Esta finca también posee un sistema silvopastoril en el área destinada a la producción de leche, lo que ayuda a disminuir los costos de producción.

Figura 1. Sistemas de producción de leche del Norte de Antioquia clasificados por nivel de intensificación (bajo, medio y alto) agrupados en análisis de clúster de variables de sustentabilidad económica

No hubo variables económicas que estuviesen directamente relacionadas con el NI ($p > 0.05$), el cual estuvo relacionado únicamente con características geográficas y con los clústeres. La mayoría de las fincas de alto NI se agruparon en el clúster 2 y estaban localizadas en el municipio de Bello. Las fincas agrupadas en el clúster 1 fueron aquellas de topografía quebrada y estaban localizadas en el municipio de San José de la Montaña. Con los resultados encontrados no se puede concluir una relación entre las diferentes variables económicas evaluadas y el NI de los sistemas de producción.

El análisis de clúster entre NI y las variables asociadas a la sustentabilidad técnica, generó siete clúster (Figura 2), en los cuales se destacan el clúster 1 que agrupó predios de bajo y medio NI, los clúster 4 y 5 predios de medio y alto NI, el clúster 3 con predios de bajo y alto NI, los clústeres 2 y 6 agruparon predios de los tres NI y el clúster 7 que agrupó una sola finca (Figura 2). Esto sugiere que no existe una relación contundente entre la intensificación del sistema medido en la cantidad de leche producida por hectárea y las variables calidad composicional y sanitaria de la leche, intervalo entre partos y cantidad de concentrado suministrado. Las únicas relaciones que se encontraron entre las variables técnicas y los NI fueron: el tamaño, UFC y la producción de leche por animal, donde el NI alto se relacionó positivamente con predios de menos de 10 ha (menor tamaño mayor aprovechamiento del recurso), menor cantidad de UFC y vacas de mayor producción. La mayoría de las fincas con NI medio se agruparon en el clúster 5. El NI bajo se relacionó con los predios del clúster 1, con San José de la Montaña, con fincas de mayor área (más de 30 ha), con predominancia de ordeño manual, monta natural y baja calidad higiénica de la leche (altos UFC).

Figura 2. Sistemas de producción de leche del Norte de Antioquia clasificados por nivel de intensificación (bajo, medio y alto) agrupados en análisis de clúster de variables de sustentabilidad técnica

Se encontró que los predios más pequeños por lo general fueron los más intensificados y que la mayoría se encuentran ubicados en los municipios de San Pedro de los Milagros, Bello y Entreríos, esto puede ser explicado por el mayor valor de la tierra, lo que conlleva a una mayor preocupación de los productores por el valor de oportunidad de los terrenos.

Los sistemas de producción de bajo nivel de intensificación se caracterizan por no implementar tecnologías como el ordeño mecánico, continuando con las prácticas de ordeño manual lo que hace que estos sean menos eficientes. Esto también lo encontró, Márquez et al (2010), quienes mostraron en lecherías de bajo NI del municipio de Abejorral (oriente de Antioquia), características similares. Por ejemplo, el 95% de los productores ordeñaban a mano y en potrero; el 5% tenían ordeño mecánico, y el 2% ordeñaban con equipo mecánico en potrero y solo el 3% en sala, lo cual tiene implicaciones directas sobre la producción y la calidad higiénica del producto. En este último aspecto, en la presente investigación se encontró que los sistemas con bajo NI presentaron un alto número de UFC, lo que concuerda con las pobres prácticas de higiene en el manejo de la ubre, la falta de protocolos para las rutinas de ordeño y el deficiente mantenimiento de la cadena de frío.

Con la información obtenida en este estudio, se demuestra que es necesario dar a conocer y aplicar herramientas y estrategias para que los sistemas de producción lechera en Antioquia sean cada vez más sustentables y económicamente rentables. García (2009) sugirió que existe un efecto directo y positivo sobre la sustentabilidad, cuando se analizan las fortalezas y debilidades del sistema con base a la aplicación de análisis de sustentabilidad, con el fin de corregir lo que no funciona. El análisis de la información de estos sistemas de producción ayudaría a una fácil y rápida detección por parte de técnicos, organizaciones e instituciones vinculadas al sector agropecuario de los posibles impactos ambientales que puedan estarse generando (García 2009).

Finalmente, al analizar en conjunto las variables relacionadas con la sustentabilidad en sus cuatro dimensiones: económicas y técnicas relacionadas en este estudio y las dimensiones ambiental y social realizadas por Ruiz et al (2017a), con el NI, se encontró que los predios con alto NI se agruparon principalmente en el clúster 4 y la mayoría de los de bajo NI en el clúster 1 (Figura 3). Los predios de lechería especializada clasificados con alto NI se caracterizaron por tener una mayor producción de leche/vaca/día, ser predios pequeños (<10ha), la realización de prácticas de fertilización con abono orgánico y la implementación de cercas vivas. Estos sistemas se dedicaban exclusivamente a la producción de leche y sus propietarios manifestaron estar de acuerdo con los precios pagados por sus productos y por el costo del transporte del mismo. Además, la percepción del productor sobre el agro negocio fue buena y contaban con relevo generacional. Los sistemas de producción que fueron clasificados con un NI alto presentaron características asociadas a una mayor sustentabilidad, sugiriendo que se debe trabajar en intensificar los sistemas de producción con prácticas que los hagan cada vez más sustentables, se pueden mejorar las prácticas de producción en las mismas áreas que se viene produciendo leche,

intensificando los sistemas para cubrir la creciente demanda de este producto, sin necesidad de extender las fronteras de producción afectando los bosques y otros cultivos.

Por su parte, los predios de bajo NI se caracterizaron por no realizar prácticas para la conservación de los suelos, tenían mayores valores de compactación del suelo, presentaron entre un 50 y un 75% de cauces de agua protegidos por vegetación, depositaban las excretas directamente en los potreros sin realizar ningún tratamiento, tenían una baja utilización de agroquímicos y presentaban un mayor conteo de UFC en leche. La percepción de los productores con respecto al futuro de las lecherías fue regular (estos productores no veían claro el futuro del negocio debido a los precios de la leche, a los costos de los concentrados y a los TLC firmados, pero tampoco creían que su futuro fuera malo con la lechería), aunque su percepción sobre la calidad de vida era buena. Los trabajadores de estos sistemas de producción tenían una percepción regular de sus salarios y condiciones laborales, expresando bajos ingresos, largas jornadas de trabajo y en algunos casos falta de prestaciones sociales. Estos predios se localizaron principalmente en el municipio de San José de la Montaña, que en su mayoría estaban en calidad de arriendo y contaban con áreas superiores a las 30 ha.

Figura 3. Sistemas de producción de leche del Norte de Antioquia clasificados por nivel de intensificación (bajo, medio y alto) agrupados en análisis de clúster de variables de sustentabilidad económica, social, técnica y ambiental.

Conclusiones

- Los resultados obtenidos en esta investigación, sugieren que no existe una relación entre los NI de las lecherías medido en términos de producción de leche por hectárea y la calidad composicional y sanitaria de la leche. Sin embargo, se encuentra una relación entre el NI y las UFC, sugiriendo que los sistemas de producción con bajo NI, deben tener mejores prácticas en las rutinas de ordeño, como la implementación del ordeño mecánico y de adecuados protocolos para el mismo.
- Los sistemas de producción que tienen menor tamaño, presentan mayores niveles de intensificación, ya que estos al poseer menores áreas implementan diferentes prácticas de manejo como mayor intensidad de selección de animales, programas de mejoramiento genético, cambio en los sistemas de pastoreo, implementación de una adecuada fertilización de acuerdo a los requerimientos de las pasturas, suministro de dietas

balanceadas, entre otras prácticas que conducen a aumentar su capacidad de carga y tener mayores producciones de leche por animal y por unidad de área.

- Los sistemas de lechería especializada en la región norte de Antioquia, presentan deficiencias en algunos parámetros económicos y técnicos que afectan la sustentabilidad de los sistemas lecheros. Estos sistemas podrían mejorar sus parámetros técnicos y económicos con una mejor organización en la compra y manejo de los inventarios, implementando planes de fertilización adecuados, controlando el suministro de concentrados, mejorando el manejo de las pasturas, los planes de reproducción y mejoramiento genético.

Referencias

Altieri M A, Liebman S, Magdoff M, Norgaard F, Sikor R y Thomas O 1999 AGROECOLOGIA Bases científicas para una agricultura sustentable. Nordan–Comunidad. Montevide

Arenas L y Cano N 2014 Municipio de San José de la Montaña. Proyecto de Investigación Diseño del Observatorio para las Potencialidades del Norte de Antioquia, realizado por la Católica del Norte Fundación Universitaria y con recursos del Proyecto Universidades Estratégicas del Programa ALFA III. <http://www.ucn.edu.co/internacionalizacion/observatorio-economico-y-social-norte-de-antioquia/Documents/territoriosdeestudio/san-jose-de-la-montana.pdf>

Barrios H D y Olivera A M 2013 Análisis de la competitividad del sector lechero: caso aplicado al norte de Antioquia, Colombia. Revista Innovar Journal Revista de Ciencias Administrativas y Sociales. 23(48): 33–41. <http://revistas.unal.edu.co/index.php/innovar/article/view/40487>

Bastidas A, Barahona R and Cerón M 2016 Variation in the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in dairy farms in northern Antioquia. Livestock Research for Rural Development. Vol. 28, Art. #43. Retrieved August 23, 2016, from <http://www.lrrd.org/lrrd28/3/bast28043.html>

Calderón A, García F, and Martínez G 2006 I Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. Revista MVZ Córdoba 11(1): 725–37. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682006000100006

Castillo Rodríguez D, Tapia Rodríguez M, Brunett Pérez L, Márquez Molina O, Terán Varela O y Espinosa Ayala E 2012 Evaluación de la sustentabilidad social, económica y productiva de dos agroecosistemas de producción de leche en pequeña escala en el municipio de Amecameca, México. Revista Científica UDO Agrícola. 12 (3): 690-704. <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/45667/1/cg12079.pdf>

Cerón Muñoz M F, Agudelo E J y Maldonado J G 2007 Relación entre el recuento de células somáticas individual o en tanque de leche y la prueba CMT en dos fincas lecheras del departamento de Antioquia (Colombia). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 20 (4): 472–483. <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/view/324204>

Cerón Muñoz M F, Gutiérrez-Zapata D M, Bolívar-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*. Vol. 27, Art. #245. Retrieved August 20, 2016, from <http://www.lrrd.org/lrrd27/12/cero27245.html>

FAO 2012 Intensificación sostenible de la producción agrícola. <http://www.fao.org/docrep/meeting/024/md300s.pdf>

FAO 2016 La intensificación de la producción animal. <http://www.fao.org/docrep/009/a0158s/a0158s02.htm>

Fariña S R, Garcia S C, Fulkerson W J 2011 A complementary forage system whole-farm study: forage utilisation and milk production. *Animal Production Science*, 51 (5): 460-470. <http://www.publish.csiro.au/an/AN10242>

FEDEGAN 2015 Coyuntura Económica Ganadera. Carta Fedegan 150: 60–65. <http://www.fedegan.org.co/carta-fedegan-150-la-defensa-de-un-patrimonio-atacado>

García R y Modernel P 2009 Evaluación de la Sustentabilidad de la Agricultura Familiar : una Propuesta Metodológica para los Sistemas Lecheros Familiares del Uruguay. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4 (2): 2624–2628. <http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/viewFile/8719/6133>

Hernández Reyes J M y Bedolla Cedeño J L 2008 Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, IX (9): 1-34. <http://www.uacm.kirj.redalyc.redalyc.org/articulo.oa?id=63617329004>

Holmann F, Rivas L, Carulla J, Rivera B, Giraldo L A, Guzmán S, Martínez M, Medina A, Farrow A 2004 Producción de leche y su relación con los mercados; caso Colombiano. *Ciat*: 1–80. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/tropileche/books/Produccion_leche_relacion_mercados_caso_Colombia.pdf.

Holstein Association USA, Inc.

2017 [http://www.holsteinusa.com/pdf/print_material/USReg%20 Holstein span.pdf](http://www.holsteinusa.com/pdf/print_material/USReg%20Holstein_span.pdf)

Husson F, Julie J, Sebastien L and Jeremy M 2015 Package ‘FactoMineR.’ <http://factominer.free.fr>.

ICAR 2016 International agreement of recording practices. <http://www.icar.org/wp-content/uploads/2016/03/Guidelines-Edition-2016.pdf>

Márquez S, Cadavid A, Sánchez G, Hoyos A, Corrales E, Chalarca Y 2010 Caracterización y análisis de sustentabilidad de los sistemas de producción de leche en los municipios de Abejorral. <http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/25faa9c2-5420-4f18-9240-71840fdac09d/Art%C3%ADculo+caso+Abejorral+-+Sustentabilidad.pdf?MOD=AJPERES>

Márquez S, Echeverri D y Reyes J 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. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v24n3/v24n3a23.pdf>

Masera O y López-Ridaura S 2000 Sustentabilidad y sistemas campesinos: cinco experiencias de evaluación en el México rural. Editores: Omar Masera y Santiago López-Ridaura. 346p

Mejía-Taborda A, Ochoa-Ochoa R y Medina-Sierra M 2014 Efecto de diferentes dosis de fertilizante compuesto en la calidad del pasto kikuyo (*Pennisetum Clandestinum* Hochst. Ex Chiov.). Pastos y Forrajes, 37(1): 31–37.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2012 Resolución 17 de 2012 por la cual se establece el sistema de pago de la leche cruda al proveedor.
http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minagricultura_0017_2012.htm

Montoya N, Pino I y Correa H J 2004 Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) durante la lactancia en vacas Holstein. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 17 (3): 241-49.

Ortega A 1997 Diagnóstico técnico de la producción lechera en algunas explotaciones del Altiplano Norte de Antioquia. Facultad Nacional de Agronomía, 50 (2): 79–96.
<http://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/28778>

Plan de Desarrollo 2012 - 2015 Municipio de Santa Rosa de Osos. <http://www.santarosadeosos-antioquia.gov.co/apc-aa-files/31363363623432363263303561633165/plan-desarrollo-final.pdf>

Pretty J 1995 Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance. Joseph Henry Press, reimpressa. ed. Earthscan. London. 310 p.
<http://210.37.2.168:85/dmtzy/yy/7/wwdzs/AS/index10.pdf>

R Core Time 2014 A Language and Environment for Statistical Computing.

Ruiz J F, Barahona-Rosales R y Bolívar-Vergara D M 2017b Indicadores de sustentabilidad para lechería especializada: Una revisión. Livestock Research for Rural Development. Vol. 29, Art. #9. Retrieved June 13, 2017, from <http://www.lrrd.org/lrrd29/1/ruiz29009.html>

Ruiz J F, Cerón-Muñoz M F, Barahona-Rosales R y Bolívar-Vergara D M 2017a 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. Vol. 29, Art. #7. Retrieved June 13, 2017, from <http://www.lrrd.org/lrrd29/1/boli29007.html>

Ruiz T, Orozco S, Rodríguez L, Idarraga 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>

Salou T, Mouel C and van der Werf H 2017 Environmental impacts of dairy system intensification: the functional unit matters! Journal of Cleaner Production 140 (2): 445-454. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616304747>

Soto C, Valencia A, Galvis R D y Correa H J 2005 Efecto de la edad de corte y del nivel de fertilización nitrogenada sobre el valor energético y proteico del pasto kikuyo (*Pennisetum Clandestinum*). Revista Colombia de Ciencias Pecuarias, 18(1): 17–26. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v18n1/v18n1a03.pdf>

Veneranda G, Osan O y Castignani M 2012 La intensificación de los sistemas de producción de leche: en la búsqueda del modelo productivo adecuado 12º Congreso Panamericano de la Leche. FEPALE. Asunción, Paraguay <http://www.fca.unl.edu.ar/tictambo/web/docs/ModeloProductivoAdecuado.pdf>

William M 2012 Intensificación sostenible de la producción agrícola. <http://www.fao.org/docrep/meeting/024/md300s.pdf>

Received 15 August 2018; Accepted 16 February 2019; Published 4 March 2019

[Go to top](#)