

Parámetros reproductivos y su relación con producción y calidad de leche en hatos del trópico alto

E Sierra Montoya, M F Cerón-Muñoz¹ y Z T Ruiz Cortés

Grupo de Investigación Biogénesis, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Calle 70 N° 52 -21, Medellín, Colombia.

elsierramo@unal.edu.co

¹ *Grupo de Investigación GaMMA, Facultad de Ciencias Agrarias e Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Calle 70 N° 52 -21, Medellín, Colombia.*

Resumen

Las evaluaciones de eficiencia reproductiva en hatos lecheros son indispensables para medir la productividad y buscar la competitividad en el mercado nacional e internacional. El presente estudio tuvo por objetivo evaluar la relación entre calidad composicional y sanitaria de la leche con el intervalo entre partos (IEP) y la edad al primer parto (EPP). Se evaluaron 2427 lactancias de vacas Holstein (H), Jersey (J) y HxJ, provenientes de 26 sistemas de producción localizados en la subregión norte de Antioquia, Colombia. El análisis estadístico multivariado utilizado fue el de partición recursiva y árboles de regresión.

El IEP fue mayor en vacas con bajo contenido de proteína y elevado contenido de grasa, nitrógeno ureico y de recuento de células somáticas de la leche. La EPP solo fue influenciada por la raza de la vaca; EPP hizo el punto óptimo de poda separando a hembras H con 848 d y a hembras J y HxJ con 829 d. En conclusión, existe relación de la calidad composicional y sanitaria de la leche con el desempeño reproductivo de las vacas, confirmando que la salud de la glándula mamaria y una dieta balanceada son definitivos.

Palabras clave: *composición de leche, intervalo entre partos, ganado lechero*

Reproductive parameters and their relationship to production and milk quality in dairy cattle herds in the high tropics

Abstract

The reproductive efficiency evaluation of dairy herds are compulsory to measure the productivity and to focus on national and international competitiveness. The present study had as main objective to evaluate the relationship of compositional and sanitary milk quality with interpartum interval (IPI) and age at first delivery (AFD). A total of 2427 lactations of Holstein (H), Jersey (J) and HxJ cows were evaluated, from 26 producers located in the northern subregion of Antioquia, Colombia. The multivariate statistical analysis used was the recursive partition and regression trees. The IPI was higher in cows with low protein and elevated fat, ureic nitrogen and somatic cells count in milk. The AFD was only influenced by the breed, where the optimal cut-off point separated the H cows with 848 d and the J and HxJ cows with 829 d. In conclusion, there is a relationship between compositional and sanitary milk quality and cows reproductive performance, confirming that the mammary gland and a balanced diet are crucial.

Key words: *calving interval, dairy cattle, milk composition*

Introducción

Diversos factores intervienen en la producción de leche proveniente de hatos lecheros. En rebaños ubicados en trópico alto, la topografía, climatología, edafología-producción de forraje y el recurso hídrico son algunas de las variables que intervienen en la producción lechera y por consiguiente en la rentabilidad del negocio (Correa y Carulla 2009). Por su parte, el mejoramiento genético, aspectos nutricionales y reproductivos de las lecherías, generan el mayor efecto económico y de manejo (Butler 2000; Goshen et al 2012). Todas éstas variables inciden directa o indirectamente en la cantidad y calidad composicional de la producción lechera. La precocidad sexual de vientres destinados a lechería, es un factor determinante para el inicio de la vida productiva, la duración de la vida útil y el número de descendientes de dichas hembras (Ossa et al 2007). La selección de razas y la utilización de cruzamientos en ganado de leche, entre otros fines, busca incrementar la eficiencia reproductiva por medio de la utilización de hembras que cuenten con una óptima edad al primer parto (EPP) (Pirlo et al 2000), indicador de especial importancia en el desempeño reproductivo y productivo. Durante la lactancia temprana del período posparto, la reactivación ovárica se retarda debido a que los requerimientos nutricionales para la lactancia son prioritarios (Henaó 2001).

Las concentraciones de nitrógeno uréico en leche (NUL) son indicadoras del contenido de proteína, de energía consumida en la dieta y del amonio resultante del catabolismo de aminoácidos absorbidos en exceso y de proteínas movilizadas del cuerpo del rumiante (Correa y Carrulla 2009).

En vacas de alto mérito lechero, factores como la producción de grandes volúmenes de leche y la síntesis de sólidos generan un reto nutricional en el animal debido al bajo consumo de materia seca y por consiguiente limitado aporte de nutrientes (Henaó 2001).

Debido a la asincronía entre el pico de producción de leche (4 a 8 semanas postparto) y el pico de consumo de materia seca (10 a 14 semanas postparto), la vaca consume alimentos para suplir los requerimientos energéticos, vitales en el volumen y la calidad composicional de la leche (NRC 2001), restringiendo la actividad ovárica que comienza a darse en éste tiempo (Henaó 2001), generando un anestro postparto que alarga el intervalo entre partos (IEP) (Williams y Griffith 1995). Éste parámetro prolongado se ha relacionado con la selección para alta producción lechera y altos requerimientos nutricionales de energía (Lucy et al 1991). Igualmente, los niveles de proteína, grasa, recuento de células somáticas (RCS) y NUL, pueden ser resultado de alteraciones metabólicas en la vaca y afectar la fertilidad de la misma (Correa y Carrulla 2009). El propósito de este trabajo fue evaluar la relación entre la calidad de los componentes de la leche y el índice reproductivo de IEP. Se estudió igualmente el efecto de lugar de estudio (municipio) y de la raza sobre la EPP.

Materiales y métodos

Se analizaron 2328 registros de hembras Holstein (1984 vacas), Jersey (91 vacas) y cruces de Holstein con Jersey (HJ, 253 vacas) de primer y hasta nueve partos que ocurrieron entre 2013 y 2015 en 26 predios localizados en los municipios de Bello (768 vacas), San Pedro de los Milagros (518 vacas), Belmira (912 vacas), Santa Rosa de Osos (162 vacas) y Yarumal (67 vacas), en la subregión norte de Antioquia (latitud 6°18'N hasta 6°54'N y longitud 75°40'W hasta 75°20'W), con altitudes desde 1800 hasta 2900 msnm y temperatura promedio de 16°C.

Los hatos se caracterizaban por poseer sistemas de pastoreo intensivo rotacional entre 40 a 45 días con pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.) Morrone), suplementación al momento del ordeño con concentrado entre el 16 al 18% de proteína en una relación de 4L de leche a 1kg de concentrado, con dos ordeños al día.

Se realizó el control lechero con la metodología A6 PM (ICAR 2002). Se registró información de cantidad de leche (L en kg), porcentajes de grasa (G) y de proteína (P), RCS (células/mL) y NUL (mg/dL), determinados en un equipo CombiFoss™ FT+ integrando MilkoScan™ FT+ (Foss, Denmark), cuyo principio es el infrarrojo transformado de Fourier. Las mediciones se realizaron

en el Laboratorio de Calidad e Inocuidad de Leche de la Universidad de Antioquia, el cual está acreditado con la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005, con calibración de leche cruda estándar (Eastern Laboratory Services, Medina, OH, USA).

El porcentaje de proteína en el día, con base en el muestreo de leche del ordeño de la tarde se obtuvo utilizando la ecuación: $P = 0.872 + (0.00720 * \text{número de partos}) + (0.000207 * \text{días en leche}) + (0.763206 * \text{porcentaje de proteína en la tarde}) + (0.001314 * \text{porcentaje de proteína en la tarde}^2) - (0.0399 * L)$.

En el caso de la grasa, la ecuación fue: $G = 0.495 + (0.128 * 12) - (0.0667 * \text{número de partos}) + (0.00582 * \text{número de partos}^2) + (0.270 * \text{porcentaje de grasa en la tarde}) + (0.0486 * \text{porcentaje de grasa en la tarde}^2) + (0.000598 * \text{días en leche})$, según lo utilizado en hatos de lechería especializada en Antioquia por Echeverri et al (2011).

La cantidad de leche en el día con información de ordeño en la tarde fue calculada con factores de ajuste multiplicativos teniendo en cuenta el número de partos y el tercio de lactancia, los cuales fueron obtenidos con las bases de datos obtenidos desde 2007 hasta 2011 (Corrales et al 2011; Múnera Bedoya et al 2013; Ramírez-Arias et al 2014).

La producción de leche total y los porcentajes promedio de proteína y grasa hasta los 180 días de lactancia fueron calculados utilizando las ecuaciones recomendadas por el ICAR (2016). Igualmente se calculó el valor máximo de RCS en ubre y de NUL obtenido en los muestreos en los primeros 180 días.

Las IEP (en días) y EPP (en días) fueron ajustadas previamente por grupo contemporáneo (vacas del mismo hato y con parto en el mismo año), mediante las soluciones obtenidas en análisis de varianza de este efecto y posteriormente fueron analizadas mediante modelos de partición recursiva y árboles de regresión. Para IEP se incluyeron los efectos de municipio (M), grupo racial (R), número de partos (N), EPP, L, G, P, NUL y RCS para dos grupos, uno incluyendo a todos los animales del estudio (G1) y otro sólo a los animales raza H (G2). Para la variable EPP se incluyeron los efectos de M y R. Para el corte o poda de los árboles de partición se utilizó el procedimiento de validación cruzada (Therneau 2015) considerando un parámetro complejo o punto óptimo de poda de 0.01. Se utilizó la librería rpart (Therneau 2015) del R-project software (R Core Team 2016).

Resultados y discusión

Producción y composición de leche

La producción media de leche fue 23 L/d en los primeros 180d de lactancia. En ganado Holstein ubicado en el departamento de Antioquia se encontró una producción promedio de 16.07L/d en 352 días de lactancia (Madrid y Echeverri 2014). Por su parte, en 2013 hallaron que las razas Holstein y Holstein x Rojo Sueco en la sabana de Bogotá produjeron 14.1 y 16 L/d respectivamente (Restrepo et al 2013), mientras que en 2014 Henao-Velásquez et al (2014) encontraron una producción de 22.01 ± 6.2 L/d. Similares producciones de leche (23 L/d) fueron reportadas en vacas Holstein ubicadas en Antioquia (Corrales et al 2011). Si bien, la producción de leche encontrada en la población analizada fue alta frente a otros estudios, posiblemente el hecho de haber incluido hembras de primer parto pudo haber afectado la media de producción diaria de leche (Cañas et al 2011). No hubo efecto de los niveles de producción de leche y las variables reproductivas analizadas por lo que no apareció en los árboles de decisiones.

Los contenidos de grasa en leche encontrados de 3.7 ± 0.4 % y 3.6 ± 0.32 %, en el G1 y en el G2 respectivamente, superaron lo reportado en la región del Magdalena medio que incluyó los departamentos de Antioquia, Santander y Boyacá, cercano a 3.48 ± 0.5 % (Calderón et al 2006) y lo encontrado en vacas Holstein primíparas y multíparas que se aproxima a 3.5 % (Henao-Velásquez et al 2014). No obstante, en ganado Holstein de 19 municipios de Antioquia, entre 1 y 9 lactancias analizadas entre 2008 y 2011, el contenido de grasa en leche fue de 3.94 ± 0.45 % (Madrid y Echeverri 2014). Igualmente, se ha reportado entre 3.96 y 4.1% de grasa, una media superior a la encontrada en éste estudio en leche en vacas Holstein, Jersey y HxJ en bosque húmedo montano bajo en Antioquia entre 2 y 4 lactancias (Bolívar et al 2009). Este menor contenido de grasa posiblemente pudo estar afectado por la inclusión de vacas en primera lactancia (Bolívar et al 2009).

Con respecto a los niveles de proteína (2.8 ± 0.2 % en G1 y 2.7 ± 0.2 % en G2), éstos se encuentran por debajo de los estándares sugeridos para Antioquia de 3.1% (MADR 2007), y lo reportado por otros autores entre 2.97 ± 0.11 % y 3.13 ± 0.14 (Bolívar et al 2009; DNP 2010; Madrid y Echeverri 2014), hecho que limita el ingreso económico de los productores de leche. Algunos de los factores que pueden restringir la síntesis de proteína en la leche son los bajos niveles de energía y carbohidratos no estructurales (González y Correa 2007) frente a los altos contenidos de proteína cruda y proteína degradable en rumen (Torres y Carulla 2003) y alta concentración de fibra en detergente neutro en la biomasa forrajera que consumen las vacas.

Siendo el pago de los productores de leche en Colombia regulado por los estándares mínimos de contenido de componentes en la leche (MADR 2007), se debe reajustar el contenido de proteína para mantenerse en un mercado competitivo y de esta forma convertirse en sistemas sustentables de producción. Algunas estrategias para lograr esta modificación en el ganado lechero es a través de mejoramiento genético y la reformulación de las dietas alimenticias (DNP 2010).4.2

Los valores encontrados para NUL (22.6 ± 4 y 22.8 ± 4.2 mg/dL, G1 y G2 respectivamente) superaron los reportados de 17.3 a 19.7 mg/dL en vacas Holstein con una a tres lactancias (Henao-Velásquez et al 2014; Nozad et al 2011) y en vacas Ayrshire, Pardo Suizo, y Jersey (2.1 ± 3.7 , 13.5 ± 3.8 y 13.8 ± 3.8 mg/dL, respectivamente) (Ramírez et al 2008). Dichos autores atribuyen las diferencias posiblemente al peso vivo de las vacas, sustentando que vacas de mayor peso tienden a presentar menor NUL. Los niveles de NUL varían según la raza, el tercio de lactancia y el aporte de proteína en la dieta, por tanto se podría sugerir que la dieta presentaba altos contenidos de proteína cruda, ya sea proveniente de un pasto que ha sido fertilizado con altas cantidades de nitrógeno o de los suplementos comerciales que aportan altas cantidades de dicho nutriente. Algunos autores indicaron un límite máximo de 19 mg/dL de NUL para evitar efectos negativos en la reproducción (Ferguson et al 1993; Rajala-Schultz et al 2000).

Respecto a la calidad sanitaria de la leche, la media de RCS encontrada en tanque fue 795000 cel/mL, superando los niveles deseables reportados para la Unión Europea de 400000 cel/mL (McLaughlin 2006) y Estados Unidos de 750000 cel/mL (FDA 2007). Éstos niveles sobrepasaron los obtenidos en centros de acopio de leche en el norte de Antioquia (620000 cel/mL), según lo reportado por Vásquez et al (2012), sugiriendo que se deben reforzar las medidas de control y prevención de RCS y enfermedades de la ubre como la mastitis. Vásquez et al (2012) reportaron que el contenido de células somáticas es menor para centros de acopio localizados en el trópico bajo de Colombia con sistemas doble propósito (Planeta Rica: 373000 cel/mL, Barranquilla: 377000 cel/mL, San Onofre: 576000 cel/mL).

Desempeño reproductivo y calidad de leche

Los IEP encontrados (431d en promedio) son más cortos comparado con lo reportado en trópico alto del departamento de Nariño-Colombia, en vacas Holstein de 445 ± 96.2 d (Solarte-Portilla et al 2012) y en la raza Jersey en el departamento de Antioquia, Colombia de 485d (Echeverri et al 2011). Sin embargo, otros autores han reportado menores IEP en Holstein con rangos entre

394 y 417 d, y en Jersey entre 388 y 409 d (Nieuwhof et al 1989; Hare et al 2006; Echeverri et al 2011; Zambrano y Echeverri 2014). Buenas prácticas de levante de terneras destinadas a lechería o la selección de progenie procedente de hembras con una óptima edad al primer parto podría mejorar dicho parámetro (Hare et al 2006).

La EPP (28 meses en promedio) fue inferior a lo reportado en vacas Holstein de alto mérito genético para la producción de leche en Antioquia (29 ± 3.5 meses) (Quijano y Montoya 2003; Quiroz-Osorio et al 2011), y al de hembras Holstein ubicadas en la Sabana de Bogotá entre 30 y 36 meses (Restrepo et al 2013); y al de sistemas de lechería especializada en Costa Rica de 30.7 ± 6.8 meses (Salazar-Carranza et al 2013). Dicho valor de la EPP contrasta con los que consideran económicamente rentable en novillas una EPP entre 24 y 26 meses para razas Holstein y Jersey (Hanzen et al 1994; Hare et al 2006). Sin embargo, el valor encontrado cumple con la indicación de que ésta no debe superar los tres años de edad (Asociación Holstein de Colombia 2010).

El análisis de partición recursiva mostró que el IEP no tuvo en cuenta en el punto óptimo de poda del 0.01 las variables M, R, N, EPP y L, indicando que no estuvieron relacionadas. El árbol incluyó como variables relacionadas: G, P, NUL y RCS en ubre en el G1 (Figura 1).

La EPP hizo el punto óptimo de poda separando a hembras Holstein con 848 d y a hembras Jersey y Holstein x Jersey con 829 d. La poda no incluyó el efecto del municipio, indicando que no existieron diferencias de EPP según la organización territorial del norte antioqueño del predio pecuario.

Al separar por raza, el árbol de decisiones para la raza H o G2 (1984 lactancias) arrojó los resultados que se observan en la Figura 2. El análisis mostró que el IEP no estuvo relacionado con las variables M, R, N, EPP, L, y NUL. Se hallaron como variables relacionadas: G, P y RCS en ubre.

Las asociaciones que se presentaron entre componentes de la leche y el desempeño reproductivo en el total de los animales (G1), demostraron que contenidos de 2.98-3% de proteína en leche conllevan a las vacas a experimentar 416 d de IEP, el menor valor presentado en todas las interacciones estudiadas y se acerca a lo reportado para las razas predominantes como se mencionó antes. Un período de IEP de 417 d se manifiesta cuando la proteína en leche es menor a 2.58%, la grasa es menor a 4.13% y el RCS en ubre no supera 73×1000 células mL^{-1} . Cuando la proteína fue inferior que 2.58% y la grasa fue superior a 4.14% (relación G/P mayor a 1.6) el IEP promedio fue 509. Los mayores IEP (519 d) se

encontraron cuando el RCS en ubre fue superior a 73000 células/mL y el NUL superior a 24.5 mg/dL (Figura 1).

En vacas H (G2), el valor mínimo de IEP fue de 415 d al tener condiciones simultáneas de menos de 3% de P, 180000 RCS y contenido de G de hasta 3,1%. Cuando la proteína fue inferior que 2,4% y la grasa fue superior a 3,1%, el IEP promedio fue el mayor con 473d, en este caso se encontró RCS en ubre superior a 180000 células/mL (Figura 2).

En ambos casos, los resultados indican que la proteína combinado con G y RCS en ubre se asocia significativamente con el IEP.

En este desempeño reproductivo son de importancia dos aspectos: el contenido de proteína en leche, siendo inferior a las regulaciones de calidad nacionales (>3.2%) según Calderón et al (2006) y la salud de la glándula mamaria, que por dicho recuento revela que ésta se encuentra en estado sano. Efectivamente, dichos niveles de células somáticas se encuentran dentro del rango reportado por varios autores como indicativo de sanidad en la ubre (100.000 a 200.000 células/mL) (Hernández y Bedolla 2008).

Si los contenidos de proteína en leche superan 2.58-3% y se coligan con RCS en ubre inferiores a 175000 cel/mL se asocia esto en la vaca con 423d de IEP; por otro lado, si el RCS es superior a 175000-180000 cel/mL, el IEP puede aumentar hasta 473. Ambos valores superan lo hallado por otros autores para las mismas razas (388-405d) (Hare et al 2006; Nieuwhof et al 1989).

Aunque el RCS en ubre es levemente inferior a lo reportado en un estudio realizado entre 2008 y 2010 en España (>200.000 cel/mL), coincide al reconocer que presentó un efecto significativo a nivel reproductivo (Prado et al 2012). El rango de RCS encontrado en ubre (100000 a 200000 cel/mL) puede estar indicando una transición entre estado sano o animales no infectados a proceso sospechoso de infección en la ubre como se mencionó anteriormente (Hernández y Bedoya 2008).

Según los niveles de grasa en leche en este estudio, se puede indicar una tendencia a ser más prolongado el IEP a mayor porcentaje de grasa. En este estudio, la G se asoció con proteína y no con NUL, y en esa situación el IEP fue de 509d (Figura 1). Posiblemente el costo energético de síntesis en leche retardaría el desempeño reproductivo de la vaca en lactancia temprana.

Se ha reportado que dietas en sistemas de producción ganadero con altos contenidos de proteína cruda y por consiguiente altas concentraciones de NUL,

en la lactancia temprana, tienden a aumentar los días abiertos y por consiguiente el IEP (Chapa et al 2001; Ferguson y Chalupa 1989). Se ha indicado que éste comportamiento sucede debido al uso y gasto energético y de aminoácidos en el hígado para para la transformación del exceso de amonio ruminal y posterior eliminación de la úrea (Staples et al 1998).

Estas condiciones coinciden con los hallazgos de una menor tasa de preñez (variable que no se midió en este estudio pero que ameritaría futuras investigaciones) en vacas con $NUL > 19$ mg/dL (34.8%) frente a aquellas vacas que presentaron concentraciones de $NUL < 19$ mg/ dL (52.7%), y se incrementó la duración del IEP (Butler et al 1996).

Figura 1. Árbol de decisiones de los efectos de proteína (P %), nitrógeno uréico (NUL, mg/dL), grasa (G %) y recuento de células somáticas en ubre (RCS, x1000 cel/mL) sobre el intervalo entre partos (IEP) en vacas Holstein, Jersey y su cruce, provenientes de sistemas de lechería especializada del norte de Antioquia

Figura 2. Árbol de decisiones de los efectos de proteína (P %), grasa (G %) y recuento de células somáticas en ubre (RCS, x1000 cel/mL) sobre el intervalo entre partos (IEP) en vacas Holstein, provenientes de sistemas de lechería especializada del norte de Antioquia

Conclusiones

- En conclusion, existe relación de la calidad composicional (contenidos de proteína, grasa y nitrógeno ureico en leche) y sanitaria de la leche (recuento de células somáticas) con la edad al primer parto, sugiriendo que la salud de la glándula mamaria y una dieta balanceada son definitivos.

Agradecimientos

Al programa Jóvenes Investigadores e Innovadores-Colciencias 2016-2017.

Este artículo hace parte del proyecto “Fortalecimiento de la producción de la cadena láctea del distrito Norte Antioqueño”, convenio N° 2012AS180031 firmado entre La Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural del Departamento

de Antioquia, La Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín) y La Universidad de Antioquia, con recursos del Sistema General de Regalías- SGR.

Agradecimientos por el apoyo durante el desarrollo de todo el proyecto a la Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Agrarias, grupos de Investigación Biogénesis y GaMMA

Referencias

Asociación Holstein de Colombia 2010 Parámetros productivos y reproductivos de la raza. Disponible en: <http://www.holstein.com.co/index.php?doc=raza#.p>.

Bolívar D M, Echeverry J J, Restrepo L F y Cerón-Muñoz M F 2009 Productividad de vacas Jersey, Holstein y Jersey*Holstein en una zona de bosque húmedo montano bajo (Bh-MB). *Livestock Research for Rural Development* 21(6), Art. #80. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd21/6/boli21080.htm>

Butler W R 2000 Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science* 60–61: 449–457

Butler W R, Calaman J J and Beam S W 1996 Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science* 74: 858–865. Disponible en: <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/74/4/858>

Correa H J y Carulla J 2009 Relación entre nutrición y salud en hatos lecheros. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*. 56: 273–290.

Calderón A, García F y Martínez G 2006 Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. *Revista MVZ Córdoba* 11(1): 725–737. Disponible en: <http://revistas.unicordoba.edu.co/revistamvz/mvz-111/111-6.pdf>

Cañas J, Cerón-Muñoz M F y Corrales J 2011 Modelación de curvas de lactancia para producción de leche, grasa y proteína en bovinos Holstein en Antioquia, Colombia. *Revista MVZ Córdoba* 16(2): 2514–2520. Disponible en: <http://revistas.unicordoba.edu.co/revistamvz/mvz-162/V16N2A9.pdf>

Chapa A M, McCormick M E, Fernandez J M, French D D, Ward J D and Beatty J F 2001 Supplemental dietary protein for grazing dairy cows: Reproduction, condition loss, plasma metabolites and insulin. *Journal of Dairy Science* 84: 908–916.

Corrales J, Cerón-Muñoz M F, Cañas J, Herrera C and Calvo S 2011 Relación entre características de tipo y producción de leche en vacas Holstein de Antioquia, Colombia. *Revista MVZ Córdoba* 16(2): 2507–2513. Disponible en: <http://revistas.unicordoba.edu.co/revistamvz/mvz-162/V16N2A8.pdf>

DNP-Departamento Nacional de Planeación 2010 Política Nacional Para Mejorar La Competitividad Del Sector Lácteo Colombiano. Conpes 3675. Bogotá D.C. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getattachment/f74ec780-6456-431d-b292-0aff856388d9/2010cp3675.aspx>

Echeverri J, Arango J y Parra J E 2011 Análisis comparativo de los grupos genéticos Holstein, Jersey y algunos de sus cruces en un hato lechero del Norte de Antioquia en Colombia. *Zootecnia Tropical* 29(1): 49–59.

FDA - Food and Drug Administration 2007 Food and Drug Administration Grade “A.” Pasteurized Milk Ordinance. USA. Disponible en: <http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/UCM209789.pdf>

Ferguson J D and Chalupa W 1989 Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 72: 746–766.

Ferguson J D, Galligan D T, Blanchard T and Reeves M 1993 Serum urea nitrogen and conception rate: The usefulness of test information. *Journal of Dairy Science* 76: 3742–3746.

González C y Correa H J 2007 Factores nutricionales y alimenticios que afectan la producción de leche y el contenido de proteína en la leche, en hatos especializados de Antioquia. *Despertar Lechero* 28: 18–30.

Goshen T, Galon N, Arazi A and Shpigel N Y 2012 The effect of uterine biopsy on reproductive performance of dairy cattle: A case-control study. *Israel Journal of Veterinary Medicine* 67(1): 34–38. Disponible en: http://www.ijvm.org.il/sites/default/files/the_effect_of_uterine_biopsy.pdf

Hanzen C H, Laurent Y and Ward W R 1994 Comparison of reproductive performance in Belgian dairy and beef cattle. *Theriogenology* 41: 1099–1114.

Hare E, Norman H D and Wright J R 2006 Trends in calving ages and calving intervals for dairy cattle breeds in the United States. *Journal of Dairy Science* 89: 365–370.

Henao-Velásquez A F, Múnera-Bedoya O B, Herrera A C, Agudelo-Trujillo J H and Cerón-Muñoz M F 2014 Lactose and milk urea nitrogen: fluctuations during lactation in Holstein cows. *Revista Brasileira de Zootecnia* 43(9): 479–484. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v43n9/1516-3598-rbz-43-09-00479.pdf>

Henao G 2001 Reactivación ovárica postparto en bovinos. Revisión. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 54(1–2): 1285–1302. Disponible en: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24399/24998>

Hernández R y Bedolla C 2008 Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. *Revista Electrónica Veterinaria* 9(9): 1-34. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf?iframe=true&width=80%&height=80%>

ICAR 2002 Frequency of milk visits. In: International agreement of recording practices. Section 2.3.15.2. 2002; Disponible en: www.icar.org.

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

Lucy M C, Staples C R, Michel F M and Thatcher W W 1991 Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science* 74: 473–482.

Madrid S and Echeverri J 2014 Association between conformation traits and productive performance in Holstein cows in the department of Antioquia, Colombia. *Veterinaria y Zootecnia* 8(1): 35–47. Disponible en: <http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/downloads/v8n1a03.pdf>

McLaughlin F 2006 A brief comparison of United States and European Union standards for fluid dairy production. Disponible en: http://www.canr.msu.edu/iflr/uploads/files/Student%20Papers/A_Brief_Comparison_of_United_States_and_European_Union_Standards_for_Fluid_Dairy_Products.pdf

MADR - MADR-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 2007 Resolución 0012. Sistema de pago de la leche cruda al productor. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resolucion%20%20077%20de%202015.pdf>

Múnera Bedoya O D, Herrera Ríos A C y Cerón-Muñoz M F 2013 Componentes de (co) varianza y parámetros genéticos para producción y valor económico de la leche a través de modelos de regresión aleatoria en hembras Holstein de primera lactancia. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 25, Article #208. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd25/12/bedo25208.htm>

NRC- National Research Council 2001 Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Washington D.C.

Nieuwhof GJ, Powell RL and Norman HD 1989 Ages at calving and calving interval for dairy cattle in the United States. *Journal of Dairy Science* 72: 685–692.

Nozad S, Ramin A G, Moghadam G H, Asri-Rezaei S and Babapour A 2011 Diurnal variations in milk urea, protein and lactose concentrations in Holstein dairy cows. *Acta Veterinaria (Beograd)* 61(1): 3–11.

Ossa G A, Suárez M A y Pérez J E 2007 Factores ambientales y genéticos que influyen la edad al primer parto y el intervalo entre partos en hembras de la raza criolla Romosinuano. *Revista Corpoica*. 8(2): 74–80. Disponible en: <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/97/97>

Pirlo G, Miglior F and Speroni M 2000 Effect of age at first calving on production traits and on difference between milk yield returns and rearing costs in Italian Holstein. *Journal of Dairy Science* 83: 603–608.

Prado A I, Díaz C, Barrio M, Becerra J J, Peña A I, Herradón P G y Quintela L A 2012 Impacto del alto recuento de células somáticas en la leche sobre la fertilidad en el vacuno lechero. En XVII Congreso Internacional Anembe de Medicina Bovina, 172–74. Santander-España, 18-20 abril

Quijano J H y Montoya C 2003 Comparación reproductiva de vacas Holstein, BON Y F1 BON X Holstein en el Centro Paysandú. 2. Edad al primer parto, intervalo entre partos, días abiertos y servicios por concepción. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 56(1): 1877–1886. Disponible en: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24546/25150>

Quiroz-Osorio K, Carmona-Vargas C y Echeverri J J 2011 Parámetros genéticos para algunas características productivas y reproductivas en un hato Holstein del oriente Antioqueño, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 64(2): 6199–6206. Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/29408/37160>

R Core Team 2016 A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria.

Rajala-Schultz P J, Saville W J A, Frazer G S and Wittum TE 2000 Association between milk urea nitrogen and fertility in Ohio dairy cows. *Journal of Dairy Science* 84: 482–489.

Ramírez-Arias J P, Villa Cardona J F, Herrera A C y Cerón-Muñoz M F 2014 Rentabilidad de vacas Holstein en Antioquia: Parámetros genéticos y progreso genético. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 26, Article #121. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd26/7/rami26121.htm>

Ramírez J Y, Cue R I, Mustafa A, Lefebvre D and Wade K 2008 Factors altering milk urea nitrogen in dairy cattle. Department of Animal Science Research Reports, Macdonald Campus of McGill University, pp 42–47.

Restrepo P, Velásquez J C y Calvache I 2013 Comparación de parámetros productivos y reproductivos en vacas primerizas Holstein y Holstein X Rojo Sueco en tres hatos de la Sabana de Bogotá. Revista Ciencia Animal 6: 67–75. Disponible en: <http://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/view/2281>

Salazar Carranza M, Castillo Badilla G, Murillo Herrera J, Hueckmann Voss F and Romero Zúñiga J J 2013 Edad al primer parto en vacas Holstein de lechería especializada en Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 24(2): 233–43. Disponible en: <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/12522>

Solarte-Portilla C E and Zambrano-Burbano G L 2012 Characterization and genetic evaluation of Holstein cattle in Nariño, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 25: 539–547. Disponible en: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/view/324796/20782246>

Staples G R, Burke J M and Thatcher W W 1998 Influence of supplemental fats on reproductive tissue and performance of lactating cows. Journal of Animal Science 81: 856–871.

Therneau T, Atkinson B and Ripley B 2015 Rpart: Recursive Partitioning and Regression Trees. R package version 4.1-10. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=rpart>

Torres I y Carulla J E 2003 Variaciones en la composición de la leche en la sabana de Bogotá, Valles de Ubaté y Chiquinquirá en los Años 1997 a 1999. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 16(Suplemento): 69. Disponible en: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/.../20781081>

USDA 2002 Part I: Reference of Dairy Health and Management in the United States. Fort Collins, CO.

Vásquez J F, Loaiza E T y Olivera M 2012 Calidad higiénica y sanitaria de leche cruda acopiada en diferentes regiones Colombianas. Revista Orinoquía 16(2): 13–23.

Williams G L and Griffith M K 1995 Sensory and behavioral control of gonadotrophin secretion during suckling-mediated anovulation in cows. Journal of Reproduction and Fertility 49: 463–475.

Zambrano J C and Echeverri J 2014 Genetic and environmental variance and covariance parameters for some reproductive traits of Holstein and Jersey cattle in Antioquia (Colombia). Revista Brasileira de Zootecnia 43(3): 132-139. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v43n3/a05v43n3.pdf>

Received 26 February 2017; Accepted 27 May 2017; Published 1 September 2017