

## Predicción del porcentaje de proteína total a partir de muestreos parciales y ajuste de efectos medioambientales

### Prediction of total protein percentage from partial sampling and adjustment of environmental effects

Maria C Ceballos B,<sup>1\*</sup> Zoot, Guillermo Correa L,<sup>2</sup> Ph.D, Julián Echeverri Z,<sup>3</sup> Ph.D.

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia. Grupo BIOGEM, Medellín, Colombia. <sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín, Colombia. <sup>3</sup>Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Animal. Grupo BIOGEM. Medellín, Colombia. \*Correspondencia: mceballos30@gmail.com

Recibido: Junio de 2010; Aceptado: Agosto de 2011.

#### RESUMEN

**Objetivo.** Hallar una ecuación matemática para estimar el porcentaje de proteína promedio total (PPPT), a partir de la producción parcial (PP) y otros factores ambientales que afectan esta característica. **Materiales y métodos.** La investigación fue realizada en tres fincas lecheras del departamento de Antioquia, Colombia. Se muestrearon 182 vacas Holstein; la captura de información se llevó a cabo mediante muestreos mensuales de dos ordeños diarios. Se tomó información relacionada con hora de entrada al ordeño, producción de leche, número de parto, época del parto y los días en lactancia. El análisis estadístico se realizó mediante un modelo de regresión múltiple donde se determinaron las fuentes de variación significativas sobre el porcentaje de proteína total del día. A partir de los coeficientes de regresión estimados se generó un modelo de predicción para la variable antes mencionada. **Resultados.** Los efectos número de parto, días de lactancia, producción de proteína parcial (pm), producción de leche, expresión cuadrática de la producción de proteína parcial (am), producción de proteína parcial (am) y el intervalo entre ordeños tuvieron un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre el porcentaje de proteína total del día; a partir de estos efectos se generaron dos modelos de predicción de PPPT a partir de un muestreo parcial (am y pm). **Conclusiones.** El PPPT está afectado por diversos factores medioambientales que deben ser ajustados para los modelos de predicción. Estos modelos pueden ser aplicados para ajustar datos de un muestreo parcial (am o pm) y ajustarlos posteriormente a un valor de producción de proteína promedio día, en los programas de mejoramiento genético.

**Palabras clave:** Ecuaciones, factores ambientales, matemáticas, mejoramiento genético (*Fuente: CAB*).

## ABSTRACT

**Objective.** To find a mathematical expression for calculating the average percentage of total protein (AFTP) from the partial production (PP) and other environmental factors that affect this characteristic. **Materials and methods.** The study was conducted on three dairy farms in the department of Antioquia, Colombia. 182 Holstein cows were sampled; the data capture was carried out through monthly sampling of the two daily milking sessions. Milking activity beginning time, milk production, number of births produced, season of parturition and days in lactation were recorded. The statistical analysis was conducted using a multiple regression model which identified significant sources of variation on the total daily protein content. Based on the estimated regression coefficients a prediction model for the aforementioned variable was generated. **Results.** The number of births produced, days in lactation, partial protein production (pm), milk production, quadratic expression for partial protein production am, partial protein production (am) and milking intervals had significant effects ( $p < 0.05$ ) on the total daily protein percentage content. Two models for AFTP prediction from a partial sample (am and pm) were generated from these effects. **Conclusions.** The AFTP is affected by various environmental factors that must be adjusted for prediction models. These models can be implemented to adjust data from a partial sample (am or pm) and further adjusted to a reliable average daily protein production in genetic breeding programs.

**Key words:** equations, environmental factors, genetic improvement, mathematical (*Source: CAB*).

## INTRODUCCION

El porcentaje de proteína valora la calidad biológica y económica de la leche (1) siendo fundamental para el rendimiento económico de los hatos lecheros. Gran parte del esfuerzo en la selección se ha dedicado al incremento de la producción de proteína (2). Desde hace algunos años la demanda de lácteos ha forzado a los criadores a buscar la selección de ganado lechero con otras características, además de la producción abundante de leche (3,4).

En países de referencia como Estados Unidos, según USDA (5) la producción nacional de leche entre 2009 y 2010 fue de 15,3 billones de libras, mientras que la producción en Colombia estimada al 2009 fue 5760 millones de litros, es decir, cerca de 16 millones de litros diarios (6-9).

El aporte directo al producto interno bruto (PIB) de la ganadería de leche en Colombia es de 3.6%. En general la ganadería aporta el 26% del total del PIB del sector agropecuario y el 60% del total del sector pecuario (8,10).

El uso de parámetros genéticos como la heredabilidad, repetibilidad y valores de cría son de gran importancia para la selección, ya que aseguran el progreso genético (11). Los componentes de la leche tienen una variación específica en cada raza de ganado, sin embargo estos pueden ser modificados por dos factores generales: El mejoramiento genético y el efecto ambiental (4). El ambiente está constituido por todos los factores que no sean genéticos, debidos a la fisiología (por ejemplo: sexo, edad,

etc.) y factores ajenos al animal, relacionados al clima, al manejo, al sistema de producción entre otros. A pesar de lo sencillo que parece, este modelo es bastante complejo ya que la medición del componente genético y ambiental trae implícitos muchos elementos (12).

En la evaluación genética de los bovinos productores de leche es necesario corregir fuentes de variación ambiental que influyen sobre las características de importancia económica, estas correcciones permiten reducir el error de las comparaciones entre animales y aumentar la precisión de los valores genéticos predichos (13). Dentro de estas fuentes de variación se encuentran el número de partos, etapa de lactancia, raza, el efecto de intervalo entre ordeños, la época de parto, el año de parto, el efecto del hato, el número de ordeños entre otros. Varios de estos factores actúan en forma conjunta produciendo interacciones (1,13-15).

Los factores de ajuste fueron creados con el fin de minimizar el error medio ambiental en comparación de animales con diferencias marcadas en cuanto a edad, raza, año, época de parto y otros. El ajuste para efectos causa una disminución de la varianza ambiental, disminuyendo así la sobre-estimación del valor genético de algunos animales y subestimación de otros (13,15,16).

Para el control de producción de leche y de otras características como producción de grasa, proteína y recuento de células

somáticas el Official Dairy Herd Improvement (DHI), recomienda que como mínimo deben muestrearse los hatos lecheros 10 veces en el año y ojalá hacer un muestreo mensual. Sin embargo, la demanda por parte de los productores para disminuir los costos de muestreo y de incrementar la habilidad de las técnicas por parte de DHI para abarcar más hatos sin tener la necesidad de hacer los muestreos normales ha estimulado la investigación y la implementación de métodos de prueba alternativos que tengan la credibilidad de la oficial DHI sin comprometer la exactitud de la prueba.

Las variaciones en las estrategias incluyen la frecuencia de pruebas y, también, si la muestra se obtiene por supervisor oficial o por el dueño del hato. La exactitud de las estimaciones del rendimiento de la lactancia depende de la exactitud de las estimaciones del muestreo del rendimiento día. Participar en las pruebas de DHI involucra muestrear regularmente el peso de la leche y coleccionar la composición de la leche de las vacas individualmente usando la producción estimada a 24 horas de cada característica como producción de leche, grasa, proteína y conteo de células somáticas en el modelo de predicción de múltiples rasgos de rendimiento para la predicción de la lactancia. El esquema alternado mañana - tarde (am - pm) involucra un solo ordeño probado cada día de la prueba, alternando mañana y tarde de prueba a prueba; la información de esta medida de ordeño se multiplica por un factor que depende del intervalo anterior, para estimar la producción del ordeño no medido. Algunas investigaciones tienen como objetivo evaluar los esquemas de la comprobación alternativos para asegurar que el rendimiento a 24 horas está estimándose con exactitud razonable, además de ser a un menor costo (17-20).

Este estudio fue realizado con el objetivo de hallar una expresión matemática que permita calcular el porcentaje de proteína promedio en un día, considerando la producción parcial am o pm y otros factores ambientales que afectan esta característica. Además, se tuvo en cuenta, estimar los factores de corrección que permitieran ajustar los datos de tal manera que se pudieran comparar hatos de clima tropical que tuvieran la información de muestreos parciales am o pm, ya que los estudios actuales para esta característica se han realizado en climas templados.

## MATERIALES Y METODOS

**Sitio de estudio.** La investigación fue realizada en tres fincas de ganadería de leche de la raza Holstein en el departamento de Antioquia. Una ubicada en el municipio de Medellín, corregimiento Santa Elena, la cual presenta una temperatura promedio de 14°C, una altura de 2500 m.s.n.m y una precipitación media de 2500 milímetros por año. Las otras dos estaban ubicadas en el municipio de San Pedro de los Milagros, veredas El Despiste y Alto Medina, las cuales presentan una temperatura promedio de 14°C, una altura de 2475 m.s.n.m y una precipitación media de 1935 milímetros por año.

**Recolección de información.** Para llevar a cabo la investigación, se evaluaron las lactancias de 182 vacas distribuidas dentro de las tres fincas de la siguiente forma: Santa Elena: 117 vacas, Vereda el Despiste: 47 vacas y Alto Medina: 18 Vacas. La captura de información se llevó a cabo mediante muestreos mensuales en los dos ordeños diarios, a todas las vacas en producción en la unidad productiva. Además se tomó la información de la hora de entrada de la vaca al ordeño, la producción de leche, número de parto, época del parto y los días en lactancia. Este muestreo se realizó durante un periodo de un año y dos meses, con el objetivo de alcanzar toda la curva de lactancia de las vacas, realizados a partir de diciembre del 2008 hasta febrero de 2010. Las muestras fueron depositadas en viales especiales para su análisis en el laboratorio. A cada muestra se le añadió bronopol para conservar las características composicionales de la leche y evitar su degradación por presencia de microorganismos. El análisis químico se realizó en laboratorio, donde se analizaron las muestras de leche individuales a partir de las cuales se determinó el porcentaje de proteína mediante el milkoscan FT 120.

**Metodología estadística.** La metodología utilizada fue similar a la de algunos autores que han propuesto modelos estadísticos para estimar a partir un muestreo parcial (am o pm), el porcentaje promedio de producción de proteína del día (17-19). Para la elaboración de este estudio se realizó un análisis inicial mediante un modelo de regresión múltiple donde se determinó qué fuentes de variación tenían efecto significativo sobre la variable dependiente (Porcentaje de proteína total del día). El modelo inicial fue el que se describe a continuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 S_j + \beta_3 Z_K + \beta_4 W_l + \beta_5 W_m + \beta_6 V_n$$

Donde:

Y: Estimado del porcentaje de proteína total el día de muestreo

$\beta_0$ : Intercepto

$\beta_1$ : Coeficiente de regresión estimado para el efecto número de parto

$X_i$ : Efecto número de parto  $i$  ( $i = 1 - 12$ )

$\beta_2$ : Coeficiente de regresión estimado para el efecto días de lactancia

$S_j$ : Efecto días de lactancia  $j$

$\beta_3$ : Coeficiente de regresión estimado para el efecto producción de proteína parcial am o pm

$Z_K$ : efecto producción de proteína parcial am o pm  $K$

$\beta_4$ : Coeficiente de regresión estimado para el efecto intervalo entre ordeños

$W_l$ : Efecto Intervalo entre ordeños  $l$  ( $l = 1-7$  siendo 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7: 9, 9.5, 10, 10.5, 11, 11.5 y 12 horas de intervalo, respectivamente)

$\beta_5$ : Es el coeficiente de regresión estimado para el efecto época de parto

$W_m$ : Efecto época de parto  $m$  ( $m = 1-2$ )

$\beta_6$ : Coeficiente de regresión estimado para el efecto producción de leche (am o pm)

$V_n$ : Efecto producción de leche  $n$ .

Se exploraron las distribuciones cuadráticas y cúbicas para cada una de las fuentes de variación y los niveles de significancia para definir el modelo definitivo para el análisis, así como su coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

El modelo anterior fue ejecutado mediante el software Stat Graphics (Statistical Graphics Corp. Rock ville, MD, USA). Para cada una de las variables significativas incluidas en el modelo definitivo se estimó el coeficiente de regresión correspondiente con el objetivo de construir las ecuaciones de predicción del porcentaje de proteína promedio día con base en las fuentes de variación significativas. Se diseñó un modelo para predecir el porcentaje de proteína promedio día a partir de la producción de proteína am y otro para pm, de acuerdo con los parámetros de significancia obtenidos luego de la ejecución del primer modelo.

Además, se efectuó el análisis de residuales estudentizados y la correlación entre los valores predichos o estimados y los reales para determinar el ajuste del modelo.

## RESULTADOS

El valor medio para el porcentaje de proteína de la mañana, tarde y total fue diferente con valores de 3.05, 3.10 y 3.08 respectivamente,

los coeficientes de variación para esta misma característica fueron similares y con una tendencia baja.

En la tabla 1 se muestran la media, desviación estándar y coeficiente de variación para cada una de las variables incluidas en el modelo.

**Tabla 1.** Media de producción, desviación estándar y coeficiente de variación para porcentaje de proteína total, porcentaje de proteína en el muestreo parcial am y pm, producción de leche total, producción parcial de leche am y pm, intervalo entre ordeños, número de parto y días de lactancia.

Fuente de Variación	Media	$\Sigma$	C.V
Porcentaje de proteína total (%)	3.08	0.50	16.23
Porcentaje de proteína am (%)	3.05	0.46	15.06
Porcentaje de proteína pm (%)	3.10	0.65	20.99
Producción leche total(L)	17.1	6.92	40.56
Producción de leche am (L)	9.3	3.85	41.64
Producción de leche pm (L)	7.8	3.18	40.68
Intervalos entre ordeños (h)	10.8	0.54	5.03
Número de partos	3.3	2.12	64.53
Días de lactancia	193.3	128.31	66.38

La época de parto no presentó efecto significativo ( $p > 0.05$ ) sobre el porcentaje de proteína de la leche en ninguno de los modelos analizados.

Para el modelo de predicción a partir de la proteína am no presentaron significancia los efectos número de parto y producción de leche ( $p > 0.05$ ), por tanto, no fueron incluidos en el modelo de predicción definitivo.

Para el modelo de predicción a partir de la producción parcial am se estimaron los siguientes coeficientes de regresión con respecto al porcentaje de proteína total (Tabla 2).

De acuerdo con lo anterior se construyó el siguiente modelo de predicción a partir de la proteína parcial am y las demás fuentes de variación significativas.

**Tabla 2.** Coeficientes de regresión estimados para los efectos incluidos en el modelo de predicción a partir de la producción am.

Parámetro	Estimado	Significancia
$\beta_0$ (intercepto)	0.518037	**
$\beta_2$ (coeficiente de regresión estimado para el efecto días de lactancia)	-0.000102314	*
$\beta_3$ (coeficiente de regresión estimado para el efecto producción de proteína parcial am)	0.921604	**
$\beta_4$ (coeficiente de regresión estimado para el efecto intervalo entre ordeños.)	-0.023197	*

\*\* Altamente significativo: ( $p < 0.01$ ); \* Significativo: ( $p < 0.05$ )

$$Y = 0.518037 - 0.000102314 S_j + 0.921604 Z_K - 0.023197W_l$$

Donde:

Y: Estimado del porcentaje de proteína promedio en el día de muestreo

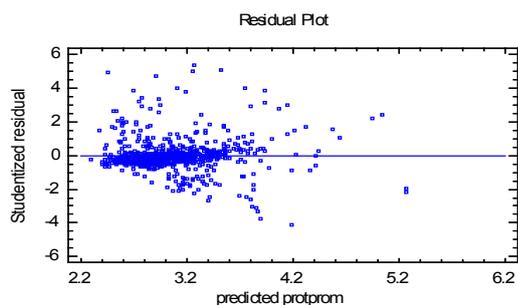
$S_j$ : Efecto días de lactancia j

$Z_K$ : Efecto producción de proteína parcial am K

$W_l$ : Efecto intervalo entre ordeños l (l = 1 -7 Siendo 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7: 9, 9.5, 10, 10.5, 11, 11.5 y 12 horas de intervalo respectivamente).

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para este modelo fue 0.860 lo que significa que el porcentaje de proteína promedio día está explicado en un 86.0% por los efectos días de lactancia, producción parcial de proteína am y el intervalo entre ordeños.

Se estimaron los residuales estudentizados con los siguientes resultados (Figura 1).



**Figura 1.** Gráfica de residuales estudentizados para el modelo predicción de proteína promedio a partir de la producción parcial de proteína am.

Con base en esta estimación, la correlación obtenida entre los datos reales y los predichos a partir del modelo anterior fue 0.928.

Para el modelo de predicción a partir de la proteína pm no presentó significancia el efecto del intervalo entre ordeños ( $p > 0.05$ ). Por lo tanto, no fue incluido en el modelo de predicción definitivo.

Para el modelo de predicción a partir de la producción parcial pm se estimaron los siguientes coeficientes de regresión con respecto al porcentaje de proteína total (Tabla 3).

De acuerdo con lo anterior se construyó el siguiente modelo de predicción a partir de la proteína parcial pm y las demás fuentes significativas.

$$Y = 0.871924 + 0.00720369X_i + 0.00720369S_j + 0.000206742Z_K + 0.763206V_n + 0.001314T_0$$

Donde:

Y: Estimado del porcentaje de proteína promedio en el día de muestreo

**Tabla 3.** Coeficientes de regresión estimados para los efectos incluidos en el modelo de predicción a partir de la producción pm.

Parámetro	Estimado	Significancia
$\beta_0$ (intercepto)	0.871924	**
$\beta_1$ (coeficiente de regresión estimado para el efecto número de parto)	0.00720369	**
$\beta_2$ (coeficiente de regresión estimado para el efecto días de lactancia)	0.00720369	**
$\beta_3$ (coeficiente de regresión estimado para el efecto producción de proteína parcial am)	0.000206742	**
$\beta_6$ (coeficiente de regresión estimado para el efecto producción de leche am).	0.763206	**
$\beta_7$ (Efecto de la distribución cuadrática para la fuente de variación producción parcial de proteína Pm)	0.001314	**

\*\* Altamente significativo: ( $p < 0.01$ ); \* Significativo: ( $p < 0.05$ )

$X_i$ : Efecto número de parto i (i = 1 -12).

$S_j$ : Efecto días de lactancia j.

$Z_K$ : Efecto producción de proteína parcial pm K

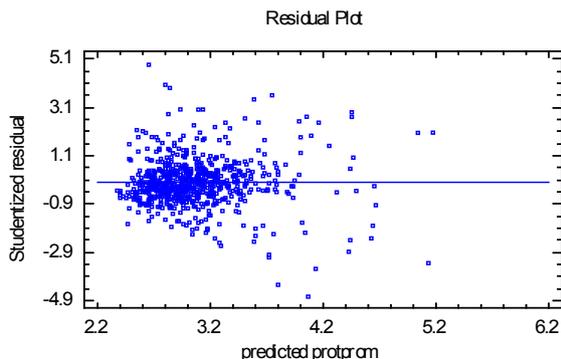
$V_n$ : Efecto producción de leche n.

$T_0$ : Es la expresión cuadrática de la producción parcial de proteína en el muestreo pm: producción parcial de proteína pm \* producción parcial de proteína pm.

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para este modelo fue 0.907 lo que significa que el porcentaje de proteína promedio día esta explicado en un 90.7% por los efectos número de parto, días de lactancia, producción parcial de proteína pm, producción de leche parcial pm y la expresión cuadrática de producción parcial de proteína pm.

Se estimaron los residuales estudentizados con los siguientes resultados (Figura 2).

Con base en esta estimación, la correlación obtenida entre los datos reales y los predichos a partir del modelo anterior fue 0.95.



**Figura 2.** Gráfica de residuales estudentizados para el modelo predicción de proteína promedio a partir de la producción parcial de proteína pm.

## DISCUSIÓN

De las variables evaluadas, la que resultó con mayor variación entre los datos fue días de lactancia, con un coeficiente de variación mayor a 40 (66.38) indicando que los datos son muy heterogéneos. La variable con menor variación fue el intervalo entre ordeños con un coeficiente de variación de 5%. Indicando alta homogeneidad de los datos para esta variable.

Los altos coeficientes de variación para la producción de leche son un indicativo del alto componente ambiental que existe para esta característica y de la importancia que tiene efectuar programas de mejoramiento genético que ayuden a seleccionar los animales con genotipos favorables para el mejoramiento de la misma. Contrario a esto, el porcentaje de proteína presentó un coeficiente de variación medio a bajo que podría ser un indicativo de que el componente ambiental es menor para esta característica como lo indica su heredabilidad, esto es un incentivo adicional, ya que se sabe que un programa de selección tendría como resultado un rápido progreso genético para esta característica.

Los efectos que presentaron efecto significativo sobre la variable en estudio son similares a los obtenidos por Quijano y Echeverri (21) quienes encontraron que el número de parto de la vaca y la producción de leche tuvieron un efecto altamente significativo ( $p < 0.01$ ) sobre el porcentaje de proteína láctea, además de los días en lactancia que fueron significativos en esa investigación ( $p < 0.05$ ). Por otro lado, Delorenzo y Wiggins (17) reportaron valores significativos para los efectos intervalo entre ordeños y días de lactancia. Otro estudio reportado por Liu et al (19) mostró que la producción de proteína parcial (am o pm), el intervalo entre ordeños, el número de parto y la producción de leche tuvieron un efecto significativo sobre el porcentaje de proteína total.

En concordancia con los hallazgos de este trabajo, Pérez et al (14) reportaron que la época del año no tuvo efecto significativo sobre el porcentaje de proteína láctea.

En el caso del segundo modelo los efectos que tuvieron efecto significativo sobre el porcentaje de proteína de la leche estuvieron más cerca de los reportados en la literatura anteriormente citada, efectos como el número de parto y la producción de leche solo tuvieron efecto sobre la producción de leche total cuando se incluyó el efecto de la producción de leche de la tarde. Esto puede ser resultados del corto periodo de tiempo que transcurre entre el ordeño de la mañana y la tarde en la mayoría de los hatos incluyendo los

utilizados en esta investigación, esto ocasiona que el limitante genético de la ubre para producir leche no se supere en tan corto tiempo y que los límites de los animales no se alcancen. Por el contrario el intervalo de tiempo transcurrido entre el ordeño de la tarde y la mañana es muy largo y el límite genético se alcanza, ocasionando que algunas vacas detengan el proceso fisiológico de producción concentrando más la proteína que aquellas que siguen produciendo porque tienen una mayor capacidad, bien sea genética, o determinada por el número de lactancia.

Los resultados de esta investigación son concluyentes en que bajo las condiciones del estudio, el número de parto, días de lactancia, producción de proteína parcial (pm), producción de leche, expresión cuadrática de la producción parcial de proteína, producción de proteína parcial am y el intervalo entre ordeños fueron los efectos que más afectaron la variación fenotípica de la PPPT.

A partir de esos efectos significativos se generaron dos modelos que permitirán ajustar los datos de un muestreo parcial (am o pm) y estimar un dato confiable de producción promedio día. Para el modelo am se tiene un nivel de seguridad de 92.8% y para el modelo pm se tiene el 95.2% derivados de los coeficientes de correlación entre los valores reales y los predichos.

Los resultados de esta investigación se constituyen en un importante paso para la realización de evaluaciones genéticas para el área de estudio. La posibilidad de ajustar mediciones parciales a mediciones totales reduce el costo de los programas de mejoramiento y a la vez ayuda en la toma de decisiones en los hatos y también por parte de los investigadores, es además un aporte para los investigadores que hasta ahora solo disponían de información científica obtenida de trabajos realizados en zonas de clima templado.

Este es un paso para la evaluación genética en la región, ya que a partir de estos factores ajustados en el trópico se reduce el efecto ambiental que se presenta cuando se realizan las mediciones en campo y a la vez permite realizar comparaciones y tomar decisiones en cuanto a la utilización de los resultados obtenidos en Colombia y trabajos que se han desarrollado en climas templados y utilizados en clima tropical.

En conclusión, el PPPT está afectado por diversos factores medioambientales que deben ser ajustados para los modelos de predicción. Estos modelos pueden ser aplicados para ajustar datos de un muestreo parcial (am o pm) y ajustarlos posteriormente a un valor de producción de proteína promedio día, en los programas de mejoramiento genético

## REFERENCIAS

1. Ceballos MC, Echeverri JJ, Correa G. Determinación del efecto de intervalo entre ordeños y estimación de los factores de corrección para el porcentaje de proteína láctea en vacas Holstein en condiciones de clima tropical. *Rev Col Cienc Pec* 2009; 22(3):370.
2. Lipkin E, Bagnato A, Soller M. Expected effects on protein yield of marker-assisted selection at quantitative trait loci affecting milk yield and milk protein percentage, *J Dairy Sci* 2008; 91:2857-2863.
3. Hansen LB. Consequences of selection for milk yield from a geneticist's viewpoint. *J Dairy Sci* 2000; 83 (5): 1145-1150.
4. Echeverri JJ, Parra JE, López A, Quijano JH. Programas de control lechero evaluaciones genéticas y su importancia en Colombia. Memorias. VI seminario internacional competitividad en carne y leche. Colanta. Medellín, Colombia 2008.
5. United States Department of Agriculture. Today's strategies & tomorrow's opportunities. ISSN 1949-1557. Arlington, Virginia: United States Department of Agriculture (USDA), National Agricultural Statistics Service (NASS); 2011.
6. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico de la cadena láctea colombiana. Bogotá, Colombia: Ministerio de agricultura y desarrollo rural, COLCIENCIAS, Universidad Externado de Colombia; 2007. ISBN: 978-958-97128-6-3.
7. Federación colombiana de ganaderos. Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019. Colombia: FEDEGAN - FNG; 2006. ISBN 978-958-98018-1-9.
8. Murgueitio E, Cuartas C, Naranjo J. Editores. Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo. 2<sup>da</sup> ed. Cali, Colombia: Fundación CIPAV; 2009.
9. Suarez R, Bazzani A. Coyuntura de la leche en Colombia balance del año 2009. Versión 1. Colombia: Asociación Nacional de Productores de Leche (ANALAC); 2010.
10. Álvarez A, Boucher F, Cervantes F, Espinoza A. Agroindustria y territorio rural. Nuevas tendencias en el análisis de la lechería. 2da Edición. Tomo II. Toluca, México: Editorial UAEM; 2007.
11. Rodríguez J D, Echeverri J J, Correa G. Efecto del intervalo entre ordeños y estimación de los factores de corrección para el porcentaje de grasa de la leche en vacas Holstein en condiciones tropicales. *Rev Col Cienc Pec* 2009; 22(3):372.
12. Elzo M A, Cerón M. Modelación aplicada a las ciencias animales: Genética cuantitativa. Primera edición. Medellín: Universidad de Antioquia; 2008.
13. Valencia M, Ruíz LFJ, Montalvo VH, Trejo VB, Keown JF, Van Vleck LD. Estimación de factores de corrección edad-mes de parto para producción de leche en ganado holstein en México. *Téc Pecu Méx* 2000; 38(1):9-18.
14. Pérez L, Anrique R, González H. Factores no genéticos que afectan la producción y composición de la leche en un rebaño de pariciones biestacionales en la décima región de los lagos, Chile. *Agríc Téc* 2007; 67(1):39-48.
15. Cerón M, Tonhati H, Costa C, Solarte C, Benavides O. Factores de ajuste para producción de leche en bovinos Holstein colombiano. *Rev Col Cienc Pec* 2003; 16(1):26-32.
16. Khan MS, Shook GE. Effects of age on milk yield: Time trends and method of adjustment. *J Dairy Sci* 1996; 79:1057-1064.
17. Delorenzo MA, Wiggans GR. Factors for estimating daily yield of milk, fat, and protein from a single milking for herds milked twice a day. *J Dairy Sci* 1986; 69:2386-2394.
18. Wiggans GR. Methods to estimate milk and fat yields from am/pm plans. *J Dairy Sci* 1981; 64:1621-1624.
19. Liu Z, Reents R, Reinhardt F, Kuwan K. Approaches to estimating daily yield from single milk testing schemes and use of a.m.-p.m. records in test-day model genetic evaluation in dairy cattle. *J Dairy Sci* 2000; 83:2672-2682.
20. Quist MA, Leblanc SJ, Hand KJ, Lazenby D, Miglior F, Kelton DF. Milking-to-Milking variability for milk yield, fat and protein percentage, and somatic cell count. *J Dairy Sci* 2008; 91:3412-3423.
21. Quijano JH, Echeverri JJ. Estimación de algunos parámetros genéticos y ambientales para el porcentaje de proteína en leche. *Rev Col Cienc Pec* 2007; 20(4):582.