

Factores de ajuste para producción de leche en bovinos Holstein colombiano

Mario Cerón¹, MSc; Humberto Tonhati¹, PhD; Cláudio Costa², PhD; Carlos Solarte³, PhD, Oscar Benavides³, MSc.
Proyecto Financiado por la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - Brasil;

¹FCAV/ Universidade Estadual Paulista - Jaboticabal -SP -Brasil; mceronm@hotmail.com

²Investigador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria EMBRAPA/CNPGL;

³Profesor, Universidad de Nariño-Colombia;

(Recibido: 15 abril, 2002; aceptado: 28 febrero, 2003)

Resumen

El objetivo de este trabajo fue estimar factores multiplicativos de ajuste de la producción de leche a 305 días de lactación (PC305) y a edad adulta (PCEA), para rebaños de la raza Holstein colombiano. Fueron utilizadas 116.818 lactaciones de 48.707 vacas, provenientes de los archivos de la Asociación Holstein de Colombia. Los análisis estadísticos fueron realizados mediante la utilización de modelos lineales mixtos usando un modelo animal y el método de máxima verosimilitud restringida (REML). Para producción de leche a 305 días los efectos fijos considerados en el modelo fueron: grupo contemporáneo (rebaño-año), grupo genético de la vaca, mes de parto, número de partos y clases de duración de la lactación en dos grupos de edad de la vaca (<36 y ³ 36 meses) y la covariable edad de la vaca al parto (efecto lineal y cuadrático). Para producción de leche a edad adulta los efectos fijos considerados en el modelo fueron: grupo contemporáneo (rebaño-año), grupo genético de la vaca y clases de edad, número de partos y época de parto. Los efectos aleatorios para las dos variables fueron: efecto genético aditivo, ambiente permanente y residuo. Posteriormente fueron realizados análisis de variancia entre producciones de leche corregidas y no corregidas para determinar la efectividad de la aplicación de los factores, indicando que la aplicación de los factores de corrección si ajustaron eficientemente producciones de leche para los efectos de duración de la lactación, edad de la vaca, número de partos y época de parto. La mayor producción de leche fue alcanzada por vacas de tres o más partos con edad de 76 a 83 meses de edad y partos ocurridos entre agosto y noviembre.

Palabras Clave: *duración de lactación; edad adulta, producción de leche.*

Introducción

La producción de leche de una vaca es el resultado de la relación del ambiente y de la herencia. Para que las evaluaciones genéticas sean precisas es importante que el registro de producción de leche indique con el mayor cuidado posible el potencial genético de los animales. Para esto, algunos factores ambientales que influyen directamente en la producción de leche, pueden ser controlados utilizando el ajuste previo para remover el efecto ejercido en el desempeño de los animales.

Los principales efectos ambientales controlados con factores de ajuste para producción de leche por lactancia envuelven otras características de desempeño de la vaca (duración del periodo seco anterior al parto, duración del periodo parto-concepción, días en lactancia, entre otros). También existen efectos causados por el manejo o nivel de producción de las haciendas (número de ordeñas diarias, el sistema de alimentación, el sistema de ordeña entre otros) y los efectos causados por el ciclo de vida del animal, como por ejemplo la edad y el número de partos de la vaca. El ajuste para estos

efectos causa una disminución de la varianza ambiental, lo que permite comparar individuos que están sometidos a diferentes condiciones ambientales de manera confiable (5, 7).

Generalmente los métodos de corrección utilizan factores de tipo aditivo o multiplicativo aplicados a los registros de producción de leche. Gowen en 1920, citado por Searle y Henderson (8), fue el primero en estimar factores de corrección de producciones totales de leche de vacas Holstein y Jersey en función de equivalente de madurez de la vaca al parto. Posteriormente varios autores de otros países se han preocupado por establecer factores de ajuste para duración de la lactación y edad de la vaca al parto en diferentes especies razas lecheras. En Colombia, trabajos realizados por Martínez (4) y Stanton (10), estimaron factores de ajuste para edad adulta en la raza Holstein. El objetivo de este trabajo fue estimar factores de ajuste por duración de la lactación y a edad adulta de vacas Holstein en Colombia.

Materiales y métodos

Fueron utilizados registros de producción de leche ajustados a dos ordeñas/día, colectados en el periodo de 1980 a 1998 por el sistema de información del Centro de Registro Lechero de la Asociación Holstein de Colombia. Esta base de datos fue depurada, eliminándose registros por diferentes causas, entre ellas, lactaciones con duración inferior a 150 o superior a 450 días o encerramientos anormales y vacas con más de 145 meses de edad. Fueron formados grupos contemporáneos de partos ocurridos en la misma región, hacienda y año y eliminados grupos contemporáneos con menos de 10 lactaciones, siendo posteriormente analizadas informaciones de 116.818 lactaciones de 48.707 vacas.

Para la obtención de los factores de ajuste para PC305 fue necesario formar clases de duración de lactación conforme la tabla 1. Las lactaciones fueron agrupadas en clases de duración de lactación con intervalos de 10 días. Adicionalmente, las lactaciones también fueron subdivididas por la edad de la vaca en dos grupos (<36 y = 36 meses de edad), este agrupamiento fue adoptado según lo utilizado por el USDA-ARS (1965) citada por Warwick y Legates (11). Los factores de corrección fueron estimados utilizando el siguiente modelo.

$$Y_{ijklmnopq} = H_i + M_j + N_k + b_1 (I_l - \bar{I}_l)^2 + b_2 (I_l - \bar{I}_l) + D_m + G_n + a_o + p_p + e_{ijklmnopq},$$

donde:

$Y_{ijklmnopq}$ = Producción de leche observada;
 H_i = efecto fijo del i-ésimo grupo contemporáneo;
 M_j = efecto fijo de la m-ésima época de parto;
 N_k = efecto fijo de la k-ésima orden de parto;
 b_1 e b_2 = coeficientes de regresión lineal y cuadrática de la producción de leche en función da edad de la vaca al parto (meses).
 I_l = efecto de la l-ésima edad de la vaca al parto;
 \bar{I}_l = media de edad de las vacas al parto;
 D_m = efecto fijo de la m-ésima clase de duración da lactación;
 G_n = efecto fijo del n-ésimo grupo genético de la vaca;
 a_o = efecto aleatorio del n-ésimo animal, con media 0 e varianza σ_a^2 ;
 p_p = efecto aleatorio de ambiente permanente de la vaca, con media 0 e varianza σ_c^2 , y
 $e_{ijklmnopq}$ = efecto aleatorio residual, con media 0 e varianza σ_e^2 .

El grupo genético de la vaca fue definido como: vacas puras y vacas con más de 15/16 de Holstein. Las soluciones para las clases de duración de lactación fueron obtenidas mediante el empleo de un modelo animal y el método de máxima verosimilitud restricta, utilizando procedimientos MTDFREML, desarrollados por Boldman *et al* (1). Los promedios estimados para clases de duración de la lactación fueron obtenidas sumando la media general a las soluciones de las diferentes clases de duración de la lactación, considerando las ecuaciones del modelo anteriormente mencionado. Estas estimaciones fueron suavizadas usando un polinomio de primer grado, para cada agrupamiento, obteniéndose coeficientes de determinación (R²) entre 0.95 y 0.99.

Los factores de corrección se obtuvieron mediante la expresión:

$$F_m = \hat{d}_{mb} l \hat{d}_m',$$

donde: F_m es el factor de corrección multiplicativo para la m-ésima clase de duración de la lactación m' , \hat{d}_{mb} es la estimativa suavizada de la producción media para la clase base de duración da lactación (305 días), y \hat{d}_m' es la estimativa suavizada de la producción media para observaciones obtenidas para vacas con duración de lactación m' .

Tabla 1. Distribución de las lactaciones de vacas da raza Holstein en Colombia en clases de duración de la lactación entre 150 y 450 días con intervalos de 10 días.

Clases de duración de la lactación (días)	Edad < 36 meses			Edad ≥ 36 meses		
	N°	\hat{y}	d.s.	N°	\hat{y}	d.s.
150-159	141	2.258.51	915.24	497	2.676.28	1.416.59
160-169	162	2.344.63	1.023.10	556	2.738.47	1.476.80
170-179	199	2.401.46	1.091.16	541	2.947.54	1.494.69
180-189	181	2.591.16	1.100.41	638	2.947.27	1.637.00
190-199	197	2.694.42	1.047.35	631	3.126.91	1.706.19
200-209	237	2.841.56	1.188.09	718	3.241.50	1.682.94
210-219	245	3.077.10	1.115.73	791	3.432.33	1.729.59
220-229	287	3.286.45	1.253.11	914	3.577.17	1.743.83
230-239	373	3.260.16	1.226.59	1.160	3.667.37	1.768.42
240-249	495	3.470.75	1.278.15	1.561	3.948.60	1.698.85
250-259	743	3.617.70	1.372.89	2.195	4.151.53	1.802.43
260-269	1.139	3.890.02	1.309.16	3.152	4.413.42	1.751.01
270-279	1.618	4.120.09	1.328.62	4.475	4.659.89	1.784.81
280-289	1.902	4.296.41	1.455.84	5.568	4.885.60	1.878.67
290-299	1.963	4.439.84	1.442.23	5.935	5.061.04	1.914.08
300-309	1.875	4.629.68	1.488.64	5.612	5.239.68	1.968.47

N°: Número de lactaciones en cada clase de duración de la lactación.

\hat{y} : Promedio de PC₃₀₅ (kg) por lactación para cada clase de duración de la lactación

d.s. Desviación estándar

Estos factores de corrección fueron aplicados a una muestra de la base de datos inicial, teniendo como criterio que sea escogida aleatoriamente únicamente una lactación por vaca. Las PC305 fueron comparadas con las producciones no corregidas (PL), mediante la utilización de análisis de varianza que incluyó el efecto de regresión lineal de la duración de la lactación, con el propósito de determinar la reducción de la variación asociada a la duración de la lactación (6, 7, 9). También fueron incluidos los efectos de grupo contemporáneo (hacienda-año), grupo genético de la vaca, época de parto (diciembre-febrero, marzo-mayo, junio-julio y agosto-noviembre), número del parto de la vaca y la interacción de la regresión lineal de la duración de la lactación y número del parto de la vaca.

Para estimar los factores de ajuste a edad adulta las producciones de leche a 305 días de lactación, fueron distribuidas en clases de edad, número del parto y época del parto de las vacas (véase Tabla 2).

Los factores de corrección fueron estimados mediante la utilización del siguiente modelo mixto:

$$y_{ijklmn} = H_i + I_j + G_k + a_l + p_m + e_{ijklmn},$$

donde:

$$y_{ijklmnop} = \text{Producción de leche ajustada a 305 días};$$

H_i = efecto fijo del i-ésimo grupo contemporáneo;

I_j = efecto fijo de la j-ésima clase de edad-número de partos y época de parto;

G_k = efecto fijo del k-ésimo grupo genético de la vaca;

a_l = efecto aleatorio del l-ésimo animal, con media 0 e varianza $\sigma^2_{a_l}$;

p_m = efecto aleatorio de ambiente permanente de la vaca, con media 0 e varianza $\sigma^2_{p_m}$, y

e_{ijklmn} = efecto aleatorio residual, con media 0 e varianza $\sigma^2_{e_{ijklmn}}$.

Los factores de ajuste fueron calculados mediante la expresión utilizada por Iloje *et al* (2), definida como:

$$F_j = M_{jb} / [M_{jb} - (A_{jb} - A_j)],$$

Donde F_j es el factor de ajuste multiplicativo para la clase de edad- número de parto y mes o estación de parto j. M_{jb} es la media de producción de leche de la clase considerada como base (vacas con 3 partos y edad entre 76 a 80 meses de edad, paridas en los meses de marzo a mayo). A_{jb} es la solución obtenida en la clase de duración de la lactación escogida como base y A_j es la solución en la clase de edad-número de partos y estación de parto j.

Los factores multiplicativos F_j fueron suavizados dentro de cada estación del año y utilizando el método descrito por Wiggans (12).

Estos factores de ajuste fueron aplicados a una muestra de la base de datos utilizando como criterio una única lactación por vaca sin importar número

Tabla 2. Distribución de las lactaciones de vacas de raza Holstein en Colombia en clases de edad-orden - mes de parto

CLASES		Diciembre - Febrero			Marzo - Mayo			Junio - Agosto			Septiembre - Noviembre		
Edad (meses)	P	N°	\hat{y}	d.s.	N°	\hat{y}	d.s.	N°	\hat{y}	d.s.	N°	\hat{y}	d.s.
20-24	1	114	4.448.83	1.502.62	124	4.555.27	1.317.76	117	4.635.03	1.642.97	131	4.593.34	1.170.40
25-26	1	310	4.772.26	1.332.90	356	4.756.78	1.355.01	384	4.611.83	1.418.85	331	4.670.29	1.606.62
27-28	1	812	4.935.47	1.367.08	808	4.735.36	1.430.20	816	4.857.86	1.441.84	726	4.960.24	1.384.35
29-30	1	1.221	4.831.68	1.392.83	1.301	4.785.17	1.474.96	1.186	4.800.23	1.378.80	1.163	4.893.03	1.443.71
31-32	1	1.465	4.716.02	1.401.13	1.530	4.853.00	1.378.16	1.558	4.785.11	1.401.56	1.486	4.780.50	1.509.65
33-34	1	1.160	4.678.93	1.361.75	1.213	4.670.67	1.374.03	1.142	4.655.69	1.333.86	1.218	4.769.61	1.342.83
35-37	1	986	4.482.06	1.420.27	976	4.612.06	1.376.29	929	4.655.12	1.410.53	974	4.565.15	1.432.56
≥38	1	1.015	3.161.67	2.343.26	1.046	3.274.62	2.395.70	1.043	3.384.06	2.375.15	1.038	3.089.13	2.491.74
38-44	2	1.646	5.417.45	1.709.67	1.694	5.389.86	1.666.80	1.711	5.453.42	1.643.78	1.590	5.519.91	1.735.57
44-52	2	2.741	5.369.38	1.654.56	2.562	5.430.04	1.717.28	2.701	5.392.67	1.710.59	2.708	5.481.81	1.704.08
≥352	2	1.011	4.334.52	2.403.31	966	4.528.96	2.369.53	1.034	4.446.58	2.455.52	1.052	4.513.84	2.396.21
52-57	≥3	1.455	5.748.32	1.897.99	1.401	5.789.01	1.948.76	1.376	5.718.62	1.868.45	1.344	5.892.27	1.912.39
58-62	≥3	1.371	5.742.22	1.966.08	1.336	5.689.38	1.856.24	1.362	5.770.21	1.881.62	1.399	5.803.44	1.939.44
63-70	≥3	2.003	5.729.55	1.981.71	1.877	5.647.12	1.932.96	2.043	5.750.38	1.904.27	2.004	5.726.34	1.983.72
71-75	≥3	1.132	5.809.24	1.924.95	1.085	5.724.49	1.935.76	1.154	5.742.68	2.022.91	1.069	5.833.67	1.994.73
76-80	≥3	995	5.609.29	1.937.63	955	5.628.69	2.077.08	977	5.789.55	2.085.20	952	5.714.79	2.080.76
81-83	≥3	560	5.727.17	1.953.79	498	5.785.65	1.953.58	510	5.628.28	2.018.80	561	5.883.92	2.176.68
84-86	≥3	512	5.740.02	1.873.47	482	5.727.68	1.923.82	498	5.762.48	2.202.48	479	5.789.69	1.955.61
87-90	≥3	587	5.649.60	2.061.84	547	5.552.33	2.105.54	600	5.646.89	2.027.70	560	5.897.85	2.127.18
91-96	≥3	796	5.463.33	2.139.67	728	5.619.88	2.081.05	761	5.638.94	2.023.72	774	5.705.57	2.077.73
97-120	≥3	1.600	5.463.88	2.088.05	1.589	5.560.24	1.935.06	1.614	5.451.87	2.018.22	1.579	5.635.32	2.168.55
≥120	≥3	261	4.844.04	2.418.66	245	4.783.10	2.336.57	289	4.721.19	2.243.07	263	4.788.64	2.498.86

P: Número de partos de la vaca

N°: Número de lactaciones en cada clase de edad y partos de la vaca.

\hat{y} : Promedio de PC₃₀₅ (kg) por lactación para cada clase de edad de la vaca al parto.

d.s.: Desviación estándar

del parto. Posterior al ajuste de la PC₃₀₅ fueron obtenidas las producciones ajustadas por edad, número de partos y época de parto (PC_{EA}). Las producciones de leche ajustadas fueron comparadas por la reducción de la variación asociada a los efectos de la edad, orden de parto y estación de parto utilizando análisis de varianza, incluyendo efectos Grupo Contemporáneo (hacienda-año), grupo genético de la vaca, época de parto, regresión lineal y cuadrática de la edad de la vaca al parto y las interacciones de las regresiones lineal y cuadrática con la época de parto.

Resultados

Los factores de corrección para duración de la lactacion estimados son indicados en la tabla 3. Después de aplicados los factores de ajuste a una muestra de la base de datos original, fueron realizados los análisis de varianza para PC₃₀₅ y PL (véase Tabla 4). A pesar de que las dos variables no pueden ser comparadas satisfactoriamente porque existen diferentes medias y desviaciones estándar de las producciones de leche (6), se puede observar que existen notorias diferencias en la razón del cuadrado medio de la regresión lineal de la duración de la lactación sobre el cuadrado medio del residuo entre

las dos análisis. Estas razones fueron de 40.376.00 para PL y 210.63 para PC₃₀₅. El menor valor de la razón de PC₃₀₅ mostró que el efecto de la duración de la lactación fue removido utilizando los factores de corrección estimados, a pesar de que este efecto continuó siendo altamente significativo en el análisis de varianza.

Tabla 3. Factores de corrección multiplicativos para el ajuste da producción de leche a 305 días de vacas da raza Holstein en Colombia.

CLASES	Edad < 36 meses	Edad ≥ 36 meses
150-159	2.121	2.044
160-169	1.938	1.874
170-179	1.848	1.794
180-189	1.747	1.702
190-199	1.685	1.648
200-209	1.610	1.579
210-219	1.523	1.497
220-229	1.439	1.418
230-239	1.373	1.356
240-249	1.310	1.297
250-259	1.244	1.234
260-269	1.176	1.168
270-279	1.135	1.130
280-289	1.091	1.088
290-299	1.049	1.048
300-309	1.000	1.000

Los factores de ajuste multiplicativos para la producción de leche a edad adulta son indicados en la tabla 5. Los valores de los factores de ajuste fueron mayores en las épocas parto de diciembre-febrero y marzo-mayo. Así, ocurrió mayor necesidad de ajuste para estas épocas de parto para disminuir la influencia de este efecto en la producción de leche a edad adulta, conforme lo indican los análisis de varianza realizados para la producción PC_{305} y PC_{EA} (véase Tabla 6), donde la razón del cuadrado medio de la época de parto sobre el cuadrado medio del residuo fueron de 17.34 para PC_{305} y 6.94 para PC_{EA} . El menor valor de la razón de PC_{EA}

mostró que el efecto de la época fue removido utilizando los factores de corrección estimados, a pesar de que este efecto fue altamente significativo en el análisis de varianza para PC_{EA} . Según el análisis de varianza de la variable PC_{305} (véase Tabla 6), existió interacción entre edad de la vaca y época de parto, ($P=0.01$), lo que no sucedió en la producción de leche ajustada a edad adulta ($P>0.01$), lo que justificó y demostró el establecimiento de los factores de ajuste para estos los efectos de la edad y época de parto simultáneamente. Este tipo de ajuste también fue utilizado por Keown y Everett (3) y Stanton (10) entre otros autores.

Tabla 4. Análisis de varianza para lactaciones no ajustadas y ajustadas a 305 días de vacas de raza Holstein en Colombia.

Fuente de variación	Producción de leche hasta los 305 días			Producción de leche ajustada para 305 días		
	gl	C.M.	Prob F	Gl	C.M.	Prob F
Grupo Contemporáneo	3.666	24'883.977	12.62 *	3.476	18'938.151	8.07 *
Grupo genético de la vaca	1	1.390'215.515	704.81 *	1	289'797.993	123.46 *
ÉPOCA	3	214'725.180	108.86 *	3	41'954.820	17.87 *
Número de partos (NP)	2	3.499'686.641	1.774.26 *	2	3.376'420.026	1.438.42 *
Regresión lineal de los días en lactación (DL)	1	79.640'751.469	40.376.00 *	1	494'475.815	210.63 *
NP*DL	2	170'661.164	86.52 *	2	1'121.000	0.48 **
Error	37.510	1'972.475		29.996	2'347.305	
Total	44.185			33.481		
Coefficiente de determinación		0.71			0.51	
Promedio de leche		3.832.34			5.008.83	
Coefficiente de variación		36.64			30.59	

gl: Grados de libertad

C.M.: Cuadrado Medio.

**s: diferencias no significativas

*: diferencias altamente significativas ($P=0.01$).

Tabla 5. Factores de corrección multiplicativos¹ para el ajuste de la producción de leche a 305 días de vacas de la raza Holstein en Colombia

Clases de edad de la vaca		FACTOR DE AJUSTE			
Edad (meses)	Número de partos	Diciembre-Febrero	Marzo-Mayo	Junio-Julio	Agosto Noviembre
20-24	1	1.303	1.294	1.293	1.292
25-26	1	1.292	1.287	1.282	1.276
27-28	1	1.276	1.272	1.264	1.256
29-30	1	1.254	1.252	1.241	1.231
31-32	1	1.229	1.228	1.215	1.204
33-34	1	1.201	1.201	1.187	1.175
35-37	1	1.173	1.173	1.159	1.147
≥38	1	1.146	1.145	1.131	1.118
38-44	2	1.119	1.117	1.103	1.092
44-52	2	1.094	1.091	1.078	1.066
≥52	2	1.071	1.068	1.054	1.044
52-57	≥3	1.051	1.047	1.034	1.024
58-62	≥3	1.034	1.029	1.017	1.007
63-70	≥3	1.021	1.015	1.003	0.993
71-75	≥3	1.012	1.005	0.993	0.984
76-80	≥3	1.007	1.000	0.987	0.978
81-83	≥3	1.008	1.000	0.986	0.977
84-86	≥3	1.014	1.005	0.990	0.980
87-90	≥3	1.026	1.017	1.000	0.990
91-96	≥3	1.047	1.036	1.017	1.006
97-120	≥3	1.076	1.066	1.043	1.030
≥120	≥3	1.118	1.107	1.079	1.063

¹: Base: clase de partos de vacas con edad de 76-80 meses y ocurridos en la estación marzo-mayo

Tabla 6. Análisis de varianza para lactaciones ajustadas a 305 días y edad adulta de vacas de la raza Holstein en Colombia

Fuente de variación	Producción de leche ajustada para 305 días			Producción de leche ajustada para 305 días y edad adulta		
	gl	C.M.	Prob F	gl	C.M.	Prob F
Grupo Contemporáneo	3.476	18'938.151	7.83 *	3.431	23'683.567	8.90 *
Grupo genético de la vaca	1	289'797.993	119.79 *	1	66'667.355	25.05 *
EPOCA	3	41'954.820	17.34 *	3	18'483.078	6.94 *
Regresión lineal de la Edad de la vaca al parto (RlinEVP)	1	3.295'112.096	1.362.18 *	1	936.887	0.35 **
Regresión cuadrática de la Edad de la vaca al parto (ReuaEVP)	1	1.781'505.005	739.40 *	1	6'794.091	2.55 **
RlinEVP * época	3	1'828.034	736.40 *	3	2'494.008	0.94 **
ReuaEVP * época	3	5'727.840	0.76 **	3	4'784.181	1.80 **
Error	29.993	2'419.220	2.37	29.238	2'661.553	
Total	33.481			32.681		
Coefficiente de determinación		0.50			0.51	
Promedio de leche		5008.83			5601.43	
Coefficiente de variación		31.05			29.13	

gl: Grados de libertad

C.M.: Cuadrado Medio.

**s: diferencias no significativas

*: diferencias altamente significativas (P=0.01).

Discusión

Los factores de ajuste para duración de la lactación fueron mayores para vacas jóvenes, lo que indica que para la variable duración de la lactación es necesario un mayor ajuste.

En el ajuste de la producción de leche a edad adulta, las lactaciones de vacas con clase de edad semejante pero con diferente número de parto, presentaron diferentes factores de ajuste (véase Tabla 5), donde las vacas de primer parto con más de 38 meses, necesitaron mayor necesidad de ajuste que las vacas de segundo parto, esto también fue observado en vacas de segundo parto con edad mayor de 52 meses con

respecto a vacas de tres o más partos. La mayor producción de leche fue alcanzada por vacas que parieron entre agosto-noviembre con edad de 76 a 83 meses y con tres o más partos. Edades semejantes para alcanzar la madurez fisiológica de la producción de leche fueron encontradas por Keown y Everett (3).

Conforme los análisis de varianza de las PC_{305} y PC_{EA} (véase tabla 5), el efecto de la edad al parto fue removido, por cuanto no existieron diferencias significativas en la regresión lineal y cuadrática en la PC_{EA} , lo que si fue observado en la PC_{305} indicando que la aplicación de los factores de ajuste removió el efecto de la edad al parto en la muestra de datos utilizada.

Summary

Adjustment factors for milk yield in colombian holstein cattle

This study estimated multiplicative adjustment factors for milk yield at 305 days (PC_{305}) of lactation and adult age ($PCEA$), for Colombian Holstein herds. The number of lactations used was 116,818 from 48,707 cows, originated from the databank of the Asociación Holstein de Colombia. The statistical analyses were done through the use of mixed linear models using an animal model and the restricted maximum likelihood (RML). For milk yield at 305 days the fixed effects considered in the model were: contemporary group (herd-year), genetic group of the cow, month of parity, parity number and classes of lactation duration in two cow age groups (<36 y 3 36 months) and the covariable cow age at parity (linear and quadratic effects). For milk yield at adult age the fixed effects considered in the model were: contemporary group (herd-year), genetic group of the cow and age classes, number of parities and parity season. The random effects for the variables were: additive genetic effect, permanent environment and error. Subsequently analyses of variance between corrected and non-corrected milk yields were done to determine the effectiveness of factor application, indicating that the application of correction factors efficiently adjusted milk yield for the effects of lactation duration, cow age, parity number and parity season. The greatest milk yield was achieved by cows with three or more parities with age of 76 to 83 months and parities between August and November.

Key Words: adult age, lactation length, milk yield.

Referencias

1. Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Kachman S D. 1993. A manual for the use of MTDFREEM, Lincoln, Department of Agriculture Research Service, 1993. 120p.
2. Iloeje UM, Rounsaville TR, Mcdaniel RE, Woggans, GR, Van Vleck LD. Age-season adjustment factors for Alpine, La Mancha, Nubian, Saanen and Toggenburg dairy goats. *J Dairy Sci* 1980; 63:1309-1316.
3. Keown JF, Everett RW. Age-Months adjustments factors for milk, fat and protein yields in Holstein cows. *J dairy Sci* 1985;68:2664-2667
4. Martinez M. Determinación de factores de ajuste para ganado Holstein en la Sabana de Bogotá. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1993. 86p.
5. Miller RH. Recent study of age adjustment. *J Dairy Sci* 1973;56:952-959.
6. Miller RH, Mcdaniel BT, Plowman RD. Effects of errors in the age adjustment of first lactations. *J Dairy Sci* 1968;51:378-384.
7. Searle SR. Age and herd effects in New Zealand dairy cow records. *J Dairy Sci* 1962;45:82-85.
8. Searle SR, Henderson CR. Establishing age-correction factors related to the level of herd production. *J Dairy Sci* 1959;42:824-835.
9. Searle SR, Henderson CR. Judging the effectiveness of age-correction factors. *J Dairy Sci* 1960;43:966-974.
10. Stanton TL. Investigation of genotype by environment interaction for Holstein milk yield in Colombia, Mexico and Puerto Rico. Tesis de Doctorado, Department of Animal Science, Cornell University, Ithaca, 1990. 207p.
11. Warwick EJ, Legates J. Cria y mejora del ganado, 3ed, México: McGraw- Hill, 1980. 623p.
12. Wiggans GR. Smoothed age-season adjustment factors for dairy goat lactation milk and fat records. *J Dairy Sci* 1981;64:350-358.