

CÁLCULO DE FACTORES DE CORRECCIÓN PARA PRODUCCIÓN DIARIA DE LECHE EN GANADO LECHERO DE COSTA RICA

B. Vargas-Leitón y C. Solano-Patiño

Proyecto Salud de Hato, Escuela de Medicina Veterinaria,
Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

RESUMEN

Se obtuvieron factores de corrección para producción diaria de leche utilizando registros de los grupos raciales Holstein (HOL\ n = 112545), Jersey (JER\ n = 36555) Guernsey (GUER\ n = 4785), Pardo Suizo (PSUI\ n = 9975) y cruces *Bos taurus-B. indicus* (BTBI\ n = 2490) y *B. taurus-B. taurus* (BTBT\ n = 15855). Para HOL y JER se calcularon factores adicionales dentro de tres zonas de vida: Bosque húmedo (bh), Bosque muy húmedo (bmh) y Bosque pluvial (bp). Se evaluó la variable de producción diaria de leche con un modelo lineal que incluyó los efectos fijos de hato (H), año de parto (APA), largo de lactancia (LLA), número de lactancia (NL), época de parto (EPA), día de la lactancia (Día) y la covariable días abiertos (DA). Se generaron factores de corrección para las variables NL, EPA y Día. Las variables de H, APA y LLA presentaron efectos significativos ($P < 0.001$) en todos los casos. Aunque DA tuvo efectos ($P < 0.001$) en la mayoría de los grupos, el coeficiente de regresión más alto fue de sólo -0.0041 para JER. También EPA tuvo efectos ($P < 0.001$) en todos los grupos excepto los cruces, pero los factores presentaron poca variación (0.99 a 1.05), siendo menor la producción de vacas paridas en la época seca excepto para los grupos PSUI, HOL-bh y JER-bmh. Los factores calculados para NL ($P < 0.001$), oscilaron entre 0.87 y 1.34, observándose diferencias principalmente entre la primera, segunda y posteriores lactancias. El efecto de Día ($P < 0.001$) fue el de mayor importancia relativa. Los factores oscilaron entre 0.96 y 2.37, siendo más altos para GUER y más bajos para PSUI. Entre zonas, los factores para HOL-bh y JER-bp fueron los menores. Al realizar una prueba, corrigiendo los registros de un grupo (HOL-bh) con los factores calculados, las diferencias entre niveles de EPA y NL quedaron casi eliminadas y las entre niveles de Día se redujeron a menos de 1 kg. Se concluye que estos factores logran una estandarización eficiente de los registros de leche en la base de datos analizada.

PALABRAS CLAVES: Producción diaria corregida, Factores de corrección, Trópico húmedo, Ganado lechero.

Calculation of Correction Factors for Daily Milk Production in Dairy Cattle of Costa Rica

Adjustment factors for daily milk yield were obtained by analyzing test-day-records from the following breed types: Holstein (HOL\ n = 112545), Jersey (JER\ n = 36555), Guernsey (GUER\ n = 4785), Brown Swiss (PSUI\ n = 9775), and crosses of *Bos taurus-B. indicus* (BTBI\ n=2490) and of *B. taurus-B. taurus* (BTBT\ n = 15855). Additional factors were calculated for HOL and JER in three ecological zones: Humid Forest (bh), Very Humid Forest (bmh) and Pluvial Forest (bp). The response variable daily milk yield was analyzed using a model that included fixed effects of herd (H), lactation length (LLA), lactation number (NL), year of calving (APA), season of calving (EPA), and stage of lactation (Día); and days open (DA) as a covariate. Adjustment factors were obtained for variables NL, EPA and Día. Variables H, APA and LLA were significant ($P < 0.001$) for all groups. In spite of DA having an effect ($P < 0.001$) in most of the groups, the highest regression coefficient was only -0.0041 for JER; EPA also had effects ($P < 0.001$) in all groups except the crosses, but the adjustment factors showed little variation (0.99 to 1.05). Production was lower for cows calving in the dry season, except in groups PSUI, HOL-bh and JER-bmh. Factors calculated for NL ($P < 0.001$) varied from 0.87 to 1.34 the principal differences being between first, second and later lactations. The effect of Día ($P < 0.001$) had the greatest relative importance, factors ranging from 0.96 to 2.37 in GUER and PSUI, respectively. Zone factors HOL-bh and JER-bp were lowest. When the calculated factors were tested by using them to adjust yield in one group (HOL-bh), differences between levels of EPA and NL were practically nill, and those between levels of Día were less than 1 kg. It is concluded that these factors efficiently standardize daily milk yield records in the database analyzed.

KEYWORDS: Adjusted daily milk yield, Adjustment factors, Humid tropic, Dairy cattle

Introducción

Desde antes de 1935 en la industria lechera se ha manejado el concepto de corrección a 305 días de la producción total de leche durante la lactancia (Norman *et al.*, 1985). Posteriormente, se han utilizado otras correcciones por edad o número de lactancia, o por época de parto (Keown y Everett, 1985; Wilmink, 1987a). Es indudable la utilidad que estas

correcciones han tenido para la estandarización y comparación válida de la producción de vacas lecheras. Sin embargo, la corrección de la producción de leche total de una lactancia no es un parámetro que el productor pueda manejar de manera inmediata ya que la lactancia debe ser terminada antes de su corrección (Wiggans y Van Vleck, 1979). Para superar en parte esta desventaja se han utilizado también factores de proyección

para lactancias en progreso o para lactancias que han sido interrumpidas por factores no genéticos (Batra y Lee, 1981; Wiggans *et al.*, 1981; Batra y Lee, 1984; Norman *et al.*, 1985). Un procedimiento menos común es el que utiliza registros diarios de producción de leche con fines predictivos, a través del ajuste de curvas de lactancia (Wayne *et al.*, 1977; Schaeffer *et al.*, 1977). También puede utilizarse la producción diaria corregida con fines comparativos (Keown *et al.*, 1986; Wilmink, 1987b). Este último procedimiento presenta la ventaja de proporcionar al productor información inmediata del valor relativo de una hembra en el hato con base en su producción. Aplicaciones de esta metodología ya han sido puestas en práctica con éxito (Wilmink, 1987b), demostrando ser de gran utilidad sobre todo a nivel de hato para detectar problemas de tipo nutricional o sanitario.

En Latinoamérica, y en general en la mayoría de los trópicos, no existe información con respecto a la generación de factores de corrección para producción diaria de leche. Se han realizado investigaciones referentes a parámetros de la curva de lactancia (Madalena *et al.*, 1979; Rodríguez, 1987). Estas investigaciones permiten suponer que existen algunas diferencias en la curva de lactancia en condiciones tropicales con respecto a la curvas generadas en otras latitudes, las que podrían llevar al cálculo de factores de corrección distintos.

Con base en lo expuesto el objetivo del presente trabajo es obtener factores de ajuste para producción diaria de leche en las razas Holstein, Jersey, Guernsey y Pardo

Suizo; así como también para grupos raciales *Bos taurus-Bos indicus* y *Bos taurus-Bos taurus* en distintas zonas de vida de Costa Rica.

Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó con base en la información contenida en la base de datos generada por el Proyecto Salud de Hato de la Escuela de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional, Costa Rica. Esta base de datos forma parte de un sistema de información que funciona desde 1986 para el monitoreo de la salud y producción de hatos lecheros y de doble propósito de distintas zonas de vida de Costa Rica y Centroamérica (Pérez *et al.*, 1989; Dwinger *et al.*, 1994). La información utilizada consistió en registros diarios de producción de leche realizados por los productores y digitados en el programa de cómputo VAMPP (Noordhuizen, 1984). Estos registros fueron posteriormente recopilados por personal del proyecto y centralizados para su análisis posterior.

Procedimiento de edición de la base de datos

Las razas incluidas fueron Holstein, Jersey, Guernsey y Pardo Suizo. También se incluyeron hembras de grupos raciales *Bos taurus-Bos indicus* y *Bos taurus-Bos taurus* en proporciones no identificadas. Otros grupos raciales, así como hembras de raza desconocida fueron eliminados de la base de datos. Se requirió un mínimo de 10 lactancias, indistintamente del grupo racial

de origen, para que el ható fuera incluido dentro del análisis.

Se agruparon los registros individuales de producción por raza y número de lactancia. Dentro de cada grupo, estos registros se subagruparon por períodos de 10 días desde el parto. Para cada subgrupo se calculó la media aritmética (\bar{x}) y la desviación estándar ($d.e.$) y se procedió a eliminar las observaciones que presentaron desviación mayor a $2.5 d.e.$ con respecto a \bar{x} , presumiendo que fueron valores erróneos con base en una distribución normal (Miller *et al.*, 1992). Se seleccionaron las lactancias que cumplieron los siguientes requisitos:

-Una duración mínima de 250 días. Se eliminaron además los registros de producción correspondientes a períodos posteriores a los 350 días.

-Al menos un registro de producción ubicado dentro de cada etapa de 40 días a partir del parto (0-40, 40-80, etc).

Estas condiciones implicaron que en el peor de los casos se contó con una lactancia de 250 días y 6 registros de producción.

Cálculo de los factores de corrección para producción diaria de leche

Este análisis se llevó a cabo en varias etapas como se describe a continuación.

a. Primero, se clasificaron los hatos de acuerdo con la zona de vida en que se ubican, utilizando para ello la clasificación propuesta por Holdridge (1987). Se identificaron 8 distintas zonas (Tabla 1).

Según Holdridge (1987), los límites de precipitación para estas zonas son de 1000 a 2000, 2000 a 4000, 4000 a 8000 y mayores de 8000 mm anuales para las zonas

bs, bh, bmh y bp, respectivamente. Los factores de corrección se calcularon para cada grupo racial, primero en toda la población del país y posteriormente, en los casos en que la cantidad de datos lo permitió, se realizó un cálculo dentro de cada zona de vida. Estos últimos análisis solamente se realizaron para las razas Holstein y Jersey, reagrupando las zonas de Bosque húmedo (bh) y Bosque Muy Húmedo (bmh). De esta manera se calcularon 12 distintos grupos de factores (Tabla 2).

b. Posteriormente, debido a la alta variación en el número de registros disponibles para cada lactancia, se procedió al cálculo por inter y extrapolación de la producción a días fijos de la lactancia, de acuerdo con el método utilizado por Wilink (1987b). Se calcularon las producciones a intervalos de 20 días iniciando desde el día 10 y finalizando el día 290. De esta manera la base de datos final consistió de lactancias uniformes de 15 registros individuales cada una. Se utilizó la prueba de Kolmogorov (Miller *et al.*, 1992) para comprobar la distribución normal de la variable producción diaria de leche.

c. Finalmente, para la obtención de los factores de corrección se realizó un análisis de varianza y se obtuvieron estimados por el método de mínimos cuadrados. Se evaluó un modelo lineal (I) que consideró solamente efectos fijos.

$$Y_{ijklmno} = H_i + NL_j + APA_k + EPA_l + LLCAC_m + Día_n + DA_o + e_{ijklmno} \quad (I)$$

donde:

- $Y_{ijklmno}$ = Producción diaria de leche en el día x . ($x = 0-19, 20-39, 40-59, \dots, 280-299$)
- H_i = Efecto del i -ésimo hato.
- Nl_j = Efecto del j -ésimo número de lactancia. ($j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, >6$).
- APA_k = Efecto del k -ésimo año de parto ($k = 87, 88, 89, \dots, 94$).
- EPA_l = Efecto de la l -ésima época de parto ($l = 1, 2$).
- $LLAC_m$ = Efecto del m -ésimo grupo de longitud de lactancia ($m = 250-300, 300-350, >305$).
- Dia_n = Efecto de la n -ésima etapa de lactancia ($n = 0-19, 20-39, 40-59, \dots, 280-299$).
- Da_o = Efecto de la covariable días abiertos.
- $e_{ijklmno}$ = Error aleatorio.

Las épocas fueron definidas de acuerdo con la zona de vida (Tabla 3).

Para el ajuste del modelo se siguió un procedimiento "stepdown", eliminando paulatinamente los efectos no significativos ($P > 0.05$). No se incluyeron efectos de interacción debido al tamaño reducido de la base de datos. Para la covariable DA se evaluó únicamente la regresión lineal. No se incluyeron variables de carácter aleatorio, ya que no se contó con

identificaciones plenas de padres y madres. Una vez obtenido el modelo de mejor ajuste se calcularon las medias de mínimos cuadrados (mmc) para los efectos de NL, EPA y Día. Los factores de corrección se calcularon de acuerdo con la fórmula (2).

$$fc = mmc_e / mmc_x \quad (2)$$

donde :

fc = Factor de corrección.

mmc_e = Media de mínimos cuadrados de la clase estándar (época 2, lactancia 3 y Día 50-69).

mmc_x = Media de mínimos cuadrados de la clase por corregir.

Se realizaron comparaciones gráficas entre los factores de corrección de Día para los diferentes grupos raciales, y también para las tres zonas de vida dentro de la raza Holstein. También se compararon gráficamente los factores de NL dentro de cada zona en la raza Hostein. Finalmente se evaluó la precisión de los factores calculados haciendo uso de la base de datos correspondiente a la zona HOL-bh. Se aplicaron los factores de corrección y se evaluó nuevamente el modelo (1) para determinar las diferencias entre los niveles de las variables una vez realizadas las correcciones.

Resultados

El número inicial de lactancias seleccionado fue de 24230, el cual se redujo hasta 12154 (50.2%) una vez aplicados

todos los procesos de edición. El criterio que eliminó el mayor porcentaje de lactancias fue el que exigió un registro para cada período de 40 días. El número de registros de leche por grupo racial en la base de datos resultante fue altamente heterogéneo (Tabla 4). El 61.7% de las observaciones correspondieron a la raza Holstein, el 20.1% a la Jersey y el restante 18.2% a los demás grupos raciales. La distribución por hatos y zonas fue también muy variable. Esta distribución impidió el cálculo de factores a nivel de zona para razas distintas a la Holstein y Jersey.

La distribución normal de los datos de registro de leche fue significativa ($P < 0.01$) de acuerdo con las pruebas realizadas, a pesar de los altos coeficientes de variación. De acuerdo con los resultados del modelo evaluado (Tabla 5) los valores de F en cada subgrupo fueron significativos ($P < 0.001$) en todos los casos y oscilaron desde 106.8 hasta 1129.4. Así mismo, los valores de r^2 de estos modelos se ubicaron entre 0.47 y 0.68, indicando que una alta proporción de la variación es explicada por los efectos considerados. Las variables H, NL, LLAC y Día presentaron efectos significativos ($P < 0.001$) en todos los casos, pero no así EPA en los casos de BTBI y BTBT ($P < 0.05$), ni DA en los casos de los grupos BTBI, PSUI, HOL-bh, HOL-bp y JER-bmh ($P < 0.05$). La media

aritmética de DA osciló desde 117.6 para JER hasta 149.3 para GUER. Las principales diferencias se encuentran entre los niveles del factor Día con un límite de oscilación de hasta 12 kg entre las etapas de mayor y menor producción. Esta diferencia se aprecia más claramente en la Figura 1, donde además se observan las curvas de lactancia aproximadas de cada uno de los grupos raciales. La raza Holstein presenta las más altas producciones, seguida por los grupos GUER, BTBI, BTBT, JER y PSUI. El pico de lactancia parece ubicarse en la etapa entre los 30 y los 50 días, si bien para los grupos GUER y PSUI no existe un pico claramente definido.

Las variables NL y LLAC fueron, en su orden, las que presentaron los mayores valores de F, después del efecto de Día. De acuerdo con las mmc se observó una tendencia a mayores producciones conforme el número de lactancia se incrementó. La diferencia más amplia se determinó entre la primera lactancia y las posteriores, llegando a un máximo de 5.63 kg/día entre las lactancias 1 y 6 de HOL-bp. En el caso de EPA la diferencia más alta encontrada fue de tan solo 0.77 kg para GUER. En todos los casos la desviación estándar de las mmc fue menor de 0.5, indicando una precisión bastante alta de los estimados.

Tabla 1. Zonas de vida identificadas según la clasificación de Holdridge 1987)

Nomenclatura	Código
Bosque húmedo Montano Bajo	bh-MB
Bosque húmedo Premontano	bh-P
Bosque seco Tropical	bs-T
Bosque muy húmedo Montano	bmh-M
Bosque muy húmedo Montano Bajo	bmh-MB
Bosque muy húmedo Premontano	bmh-P
Bosque muy húmedo Tropical	bmh-T
Bosque pluvial Montano Bajo	bp-MB

Tabla 2. Agrupación final para el cálculo de los factores de corrección

Grupo	Código
Holstein general	Hol
Jersey general	JER
Cruces <i>Bos taurus</i> - <i>Bos taurus</i>	BTBT
Cruces <i>Bos taurus</i> - <i>Bos indicus</i>	BTBI
Guernsey	GUER
Pardo Suizo	PSUI
Holstein-Zona bosque húmedo	HOL-bh
Holstein-Zona bosque muy húmedo	HOL-bmh
Holstein-Zona bosque pluvial	HOL-bp
Jersey-Zona bosque húmedo	JER-bh
Jersey-Zona bosque muy húmedo	JER-bmh
Jersey-Zona bosque pluvial	JER-bp

Tabla 3. Definición de las épocas de parto según la zona de vida

Zona	Epoca 1 (seca)	Epoca 2 (lluviosa)
bh-MB, bh-P, bmh-M, bmh-MB, bp-MB	enero-abril	mayo-diciembre
bmh-P, bm-T	enero-junio	julio-diciembre
bs-T	diciembre-mayo	junio-noviembre

Tabla 4. Distribución, medias aritméticas (x), desviación estándar (d.e) y coeficiente de variación c.v) para la variable de producción diaria de leche

Grupo Racial	n(registros)	n(lactancias)	n(hatos) ¹	n(zonas) ²	x	d.e	c.v
HOL	112545	7503	124	3	18.0	6.0	33.5
JER	36555	2437	86	3	13.7	4.3	31.7
BTBI	4785	319	27	1	11.3	5.2	46.0
BTBT	9975	665	70	1	12.9	4.8	37.5
GUER	2490	166	13	1	15.1	5.6	36.9
PSUI	15855	1057	15	1	10.9	3.5	32.4
Total	182310	12154					

¹Número de hatos con al menos 1 lactancia del grupo racial indicado.

²Número de zonas con al menos 100 lactancias del grupo racial indicado.

Tabla 5. Valores de F y grados de libertad (gl) para las variables incluidas en el modelo dentro de cada grupo.

Factor	HOL		JER		BTBI		BTBT		GUER		PSUI		HOL-bh		HOL-bmh		HOL-bp		JER-bh		JER-bmh		JER-bp		
	gl	F	gl	F	gl	F	gl	F	gl	F	gl	F	gl	F	gl	F	gl	F	gl	F	gl	F	gl	F	
H	-	Abs	-	Abs	26	132.8	58	98.2	12	68.6	14	67.8	23	1062.9	65	731.5	28	519.4	-	Abs	48	176.5	19	430.8	
NL	6	3069.8	6	816.9	6	73.2	6	210.7	6	40.6	6	469.8	6	403.8	6	1409.6	6	1272.8	6	49.3	6	500.5	6	318.8	
APA	7	901.6	7	607.2	7	77.4	7	47.3	5	71.1	5	177.8	7	68.5	7	541.1	7	499.9	7	29.5	7	221.2	6	500.9	
EPA	1	123.2	1	44.4	-	NS	-	NS	1	16.0	1	5.9	1	7.8	1	155.7	1	85.4	1	4.5	1	5.0	1	137.7	
LLAC	2	1238.2	2	226.5	2	140.1	2	112.9	2	58.6	2	53.9	2	251.0	2	718.4	2	717.1	2	48.2	2	196.6	2	74.4	
Día	14	6083.0	14	2105.5	14	300.0	14	663.6	14	211.3	14	626.0	14	1023.7	14	3083.9	14	2116.7	14	222.6	14	1021.4	14	849.9	
DA	1	12.43	1	46.5	-	NS	1	27.8	1	14.1	-	NS	-	NS	1	11.6	-	NS	1	10.7	-	NS	1	71.0	
gl resid.	112513	36523	4729	9886	2448	15812	21126	51488	38236	3673	16226	14890													
F total	3491.9	1207.6	179.2	193.5	106.8	326.4	790.2	1129.4	927.7	115	341.9	504.2													
F ²	ND	ND	0.68	0.64	0.65	0.47	0.67	0.68	0.59	ND	0.63	0.63													

Abs Efecto absorbido por limitaciones de memoria aleatoria

NS No significativo (P > 0.05)

ND No disponible (por abosión)

Todos los efectos excepto los indicados como NS fueron altamente significativos (P < 0.001)

Tabla 6. Factores de corrección para las variables NL, EPA y Día por grupo racial y zona de vida

	Factor	HOL	JER	BTBI	BTBT	GUER	PSUI	HOL- bh	HOL- bmh	HOL- bp	JER- bh	JER- bmh	JER- bp
NL	1	1.31	1.23	1.15	1.22	1.22	1.26	1.21	1.31	1.34	1.12	1.31	1.20
NL	2	1.07	1.06	1.00	1.06	1.10	1.07	1.06	1.09	1.07	1.02	1.07	1.07
NL	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NL	4	0.99	0.96	0.93	0.97	1.00	0.96	1.00	0.99	0.98	0.93	0.98	0.95
NL	5	0.97	0.95	0.93	1.01	0.92	0.97	0.97	0.96	0.97	0.92	0.96	0.95
NL	6	0.97	0.96	0.94	0.97	0.97	0.99	0.99	0.96	0.96	0.90	0.97	0.97
NL	>6	1.01	0.96	0.87	0.93	1.01	1.00	1.00	1.01	1.02	0.87	0.96	0.99
EPA	1	1.02	1.02	1.00	1.00	1.06	0.99	0.99	1.03	1.03	1.02	0.99	1.05
EPA	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Día	0-19	1.10	1.10	1.04	1.04	0.97	0.96	1.05	1.09	1.13	1.07	1.07	1.13
Día	20-39	1.00	1.00	0.99	0.99	0.97	0.97	0.99	1.00	1.00	1.01	0.99	1.00
Día	40-59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Día	60-79	1.04	1.04	1.04	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.04	1.04
Día	80-99	1.09	1.09	1.09	1.11	1.09	1.08	1.09	1.09	1.09	1.09	1.10	1.09
Día	100-119	1.14	1.15	1.13	1.15	1.17	1.11	1.13	1.15	1.14	1.15	1.15	1.14
Día	120-139	1.20	1.19	1.16	1.20	1.24	1.13	1.17	1.21	1.19	1.17	1.20	1.18
Día	140-159	1.26	1.26	1.25	1.26	1.34	1.17	1.23	1.27	1.25	1.28	1.28	1.24
Día	160-179	1.33	1.33	1.32	1.31	1.45	1.21	1.27	1.34	1.32	1.37	1.35	1.30
Día	180-199	1.40	1.40	1.39	1.38	1.55	1.25	1.32	1.42	1.39	1.45	1.44	1.36
Día	200-219	1.49	1.48	1.48	1.45	1.64	1.31	1.38	1.52	1.48	1.57	1.52	1.43
Día	220-239	1.59	1.59	1.58	1.56	1.78	1.37	1.45	1.64	1.59	1.68	1.65	1.52
Día	240-259	1.75	1.73	1.71	1.70	1.93	1.43	1.56	1.80	1.76	1.82	1.81	1.64
Día	260-279	1.98	1.94	1.92	1.87	2.14	1.51	1.71	2.03	2.00	2.01	2.02	1.85
Día	280-299	2.28	2.19	2.16	2.09	2.37	1.60	1.89	2.32	2.36	2.21	2.28	2.08

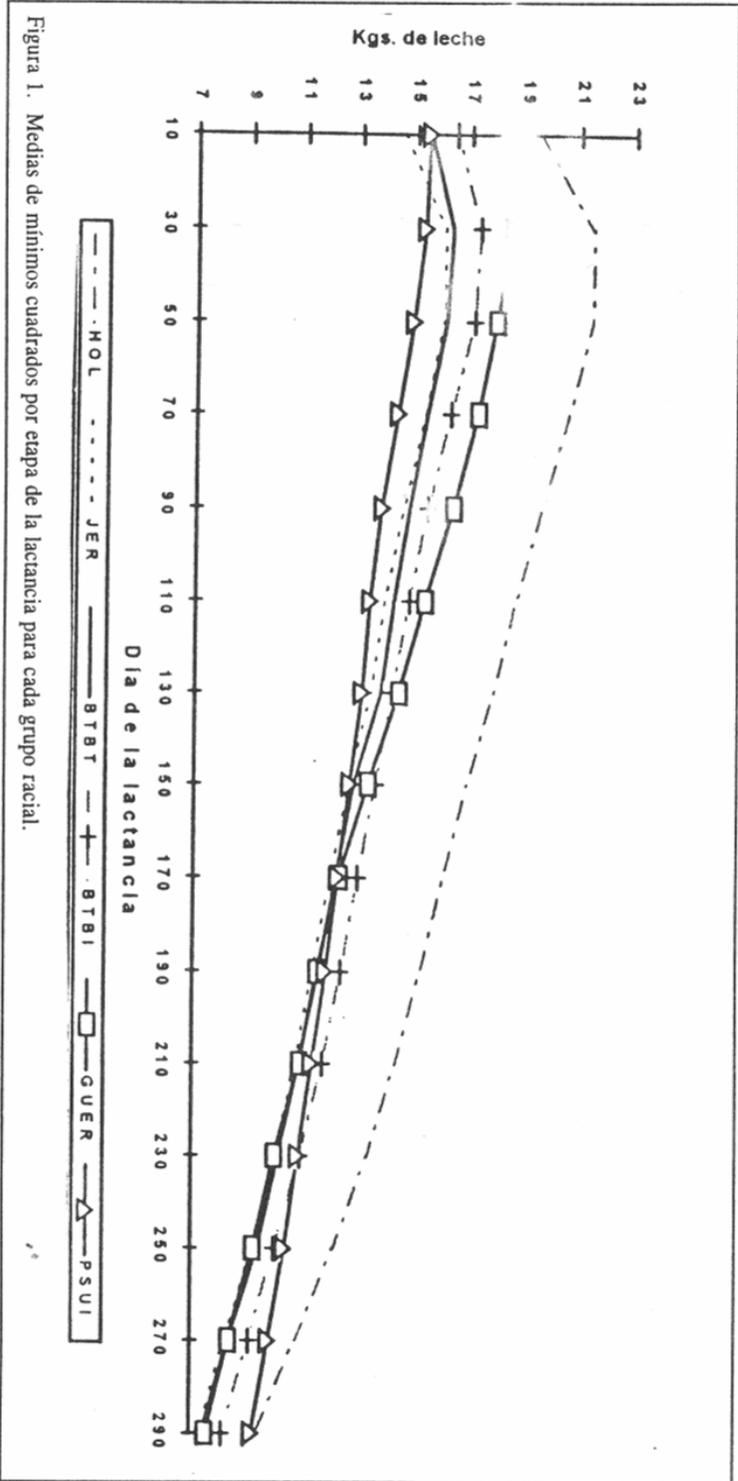
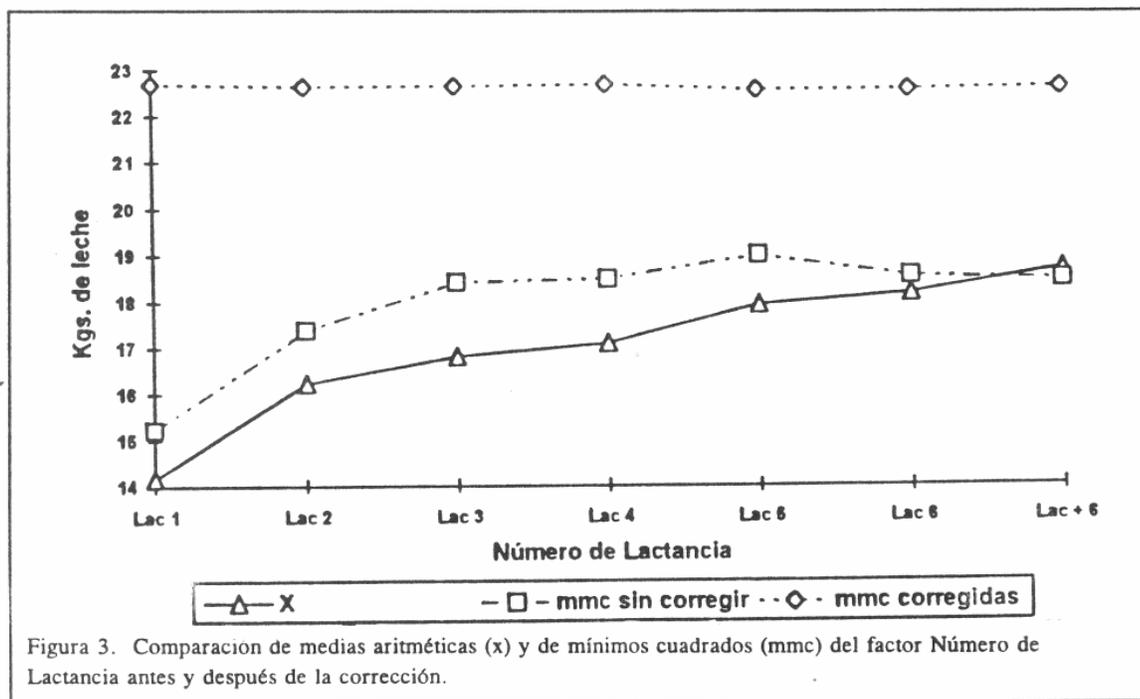
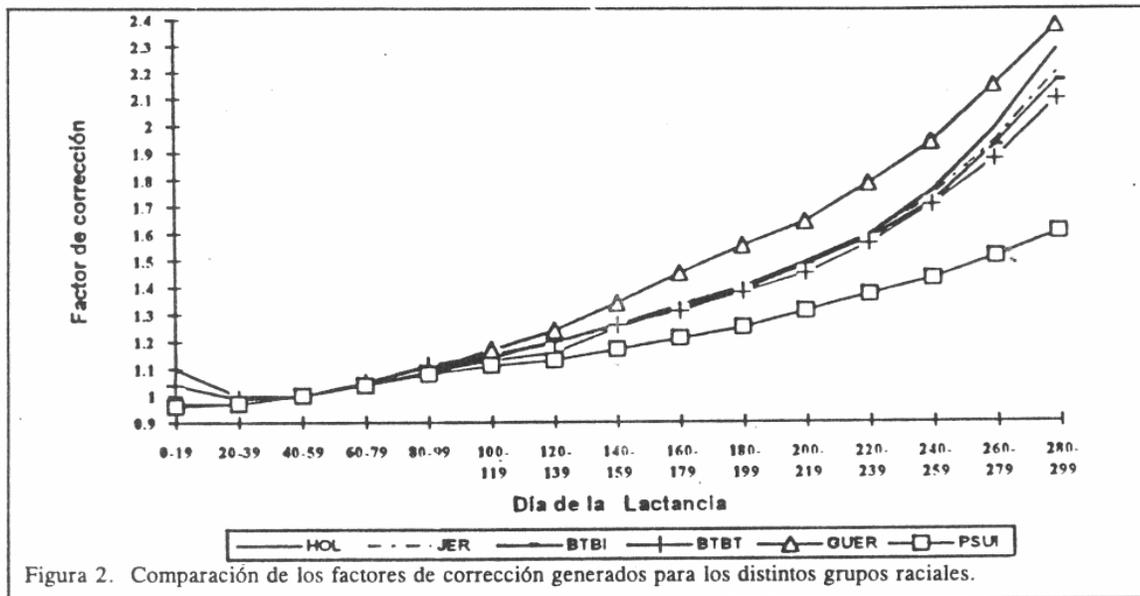


Figura 1. Medias de mínimos cuadrados por etapa de la lactancia para cada grupo racial.



Los factores calculados para los grupos HOL, JER, BTBI y BTBT para la variable Día presentan bastante similitud, mientras que los calculados para GUER y PSUI son sensiblemente diferentes, sobre todo hacia el final de la lactancia (Figura 2).

Al aplicar estos factores en la base HOL-bh y correr nuevamente el modelo los valores de F para los factores NL y EPA fueron, respectivamente, 0.44 y 1.72, ambos no significativos ($P > 0.05$). En el caso del factor Día, aunque se mantuvo como significativo ($P < 0.001$), sufrió una reducción en su valor de F desde 102 hasta 7. Al comparar las medias antes y después de la corrección para las variables Día y NL dentro del grupo HOL-bh (Figuras 3 y 4), se observa claramente que la eficiencia del procedimiento de ajuste es alto, ya que las medias corregidas forman prácticamente una línea recta. El resultado fue similar con la variable EPA.

Al graficar los factores de corrección obtenidos para la variable Día en las 3 distintas zonas evaluadas para la raza Holstein (Figura 5), se observa que los factores del grupo HOL-bh tendieron a ser menores que los obtenidos para las otras 2 zonas, las cuales a su vez fueron muy similares entre sí. En la raza Jersey los factores fueron menores en la zona JER-bp, mientras que las zonas JER-bh y JER-bmh fueron muy similares.

Al graficar los factores calculados para la variable NL en los 3 grupos de Holstein (Figura 6), se observa que los factores que corresponden a la primera y segunda lactancia son claramente diferentes, mientras que los demás son muy semejantes. Por otra parte los factores generados para EPA tuvieron una variación mínima, oscilando entre 0.99 y 1.05 (Tabla

6). Exceptuando los grupos PSUI, HOL-bh y JER-bmh, todos los factores de la época seca (EPA 1) fueron mayores que 1, indicando menores producciones en esta época.

Discusión

Los resultados obtenidos permiten identificar algunas características interesantes de la producción de leche en el trópico húmedo. Los altos valores de r^2 encontrados para los modelos indican que una gran proporción de la variación en la producción diaria de leche es explicada por los factores considerados, siendo particularmente importante los efectos de las variables Día y NL. Keown *et al.* (1986) también informaron altas diferencias en la producción a través de distintas fases de la lactancia y en distintas edades para cada una de las lactancias. En esta investigación el efecto de la interacción edad \times número de lactancia no se evaluó. Sin embargo, un análisis previo incluyendo ambos efectos en forma independiente, indicó que al eliminar el factor edad del modelo, la disminución en los valores de F y el r^2 es mínima. Por otra parte, las diferencias en los factores generados para distintas lactancias indican que las lactancias 1 y 2 tienden a presentar niveles de producción menores y por lo tanto los factores tienden a ser mayores que los demás. Este resultado indica también que la agrupación puede ser simplificada en tres grupos: primera, segunda y posteriores lactancias, como lo realizan otros autores (Wilmink, 1987a y b).

Las diferencias en producción de leche entre hatos y años reflejan probablemente variaciones en las prácticas de manejo. La importancia de los factores

de manejo sobre la producción de leche ha sido ampliamente reconocida (Lee, 1974; Laben *et al.*, 1982). Keown *et al.* (1986) evaluaron, además, el efecto de nivel de producción del hato. En esta investigación no se considera dicha variable, aunque los factores son calculados dentro de distintas zonas de vida. Sería importante, sin embargo, considerar este efecto en futuras evaluaciones. El efecto de DA, si bien es significativo ($P < 0.001$) en la mayoría de los casos, no tiene gran significado biológico. El coeficiente de regresión de mayor valor es de -0.0041 , lo que significa una reducción en la producción diaria de 0.40 kg por cada incremento de 100 días en DA. La relación entre factores reproductivos y productivos ha sido muy estudiada (Berger *et al.*, 1981; Hansen *et al.*, 1983; Reyes y Menéndez, 1987). Aunque en algunos casos se han determinado relaciones estadísticamente significativas, biológicamente las tasas de cambio son muy pequeñas. Al igual que los resultados obtenidos por Wilmlink (1987b), el efecto de LLAC también presenta altos valores de F. Esto parece indicar que los niveles de producción promedio diarios se elevan conforme las lactancias son más largas, probablemente porque las hembras con lactancias más largas tienden a ser, a su vez, las de mayor producción. Las bajas diferencias en los niveles de producción entre distintas épocas, aunque significativas en algunos casos, pueden originarse en el hecho de que las zonas evaluadas (bh, bmh, bp) poseen niveles relativamente altos de precipitación y las diferencias en disponibilidad de forraje en distintas épocas no es muy amplia. De ahí que incluso en algunos de los casos los niveles de producción fueron ligeramente mayores

para la época seca, probablemente debido a un efecto negativo del exceso de humedad sobre los forrajes y los animales.

Como era de esperarse, el grupo HOL es el que presenta los mayores niveles de producción, seguido por los grupos GUER, BTBI y BTBT. Este resultado coincide con lo mencionado por otros autores para Holstein y grupos *Bos taurus-Bos indicus* (Madalena *et al.*, 1979; Rodríguez, 1987). Sin embargo, los niveles de producción obtenidos en este estudio tienden a ser superiores, probablemente por circunstancias ambientales. Las diferencias en las curvas de lactancia y en los factores de corrección estimados para los grupos GUER y PSUI podrían ser de origen racial. Sin embargo, en el caso de GUER el número de observaciones fue muy limitado y se concentró dentro de muy pocos hatos; en PSUI, el número de registros fue considerable, pero fueron procedentes en su mayoría de un solo hato, lo que podría explicar no sólo la diferencia en los factores sino también los bajos niveles de producción obtenidos para la raza. Los resultados presentes deberán ser ratificados por análisis posteriores con una base de datos más grande.

Las diferencias en los factores estimados para la zona HOL-bh y JER-bp no pueden ser fácilmente explicados, ya que no existe literatura al respecto que permita ratificar o enfrentar estos resultados. Posiblemente se trata de efectos confundidos con algunas prácticas de manejo, que modifican la curva de lactancia causando que la caída post-pico sea menos pronunciada y los factores de corrección menores. Un análisis detallado del efecto de factores ambientales sobre los parámetros de la curva de lactancia, como

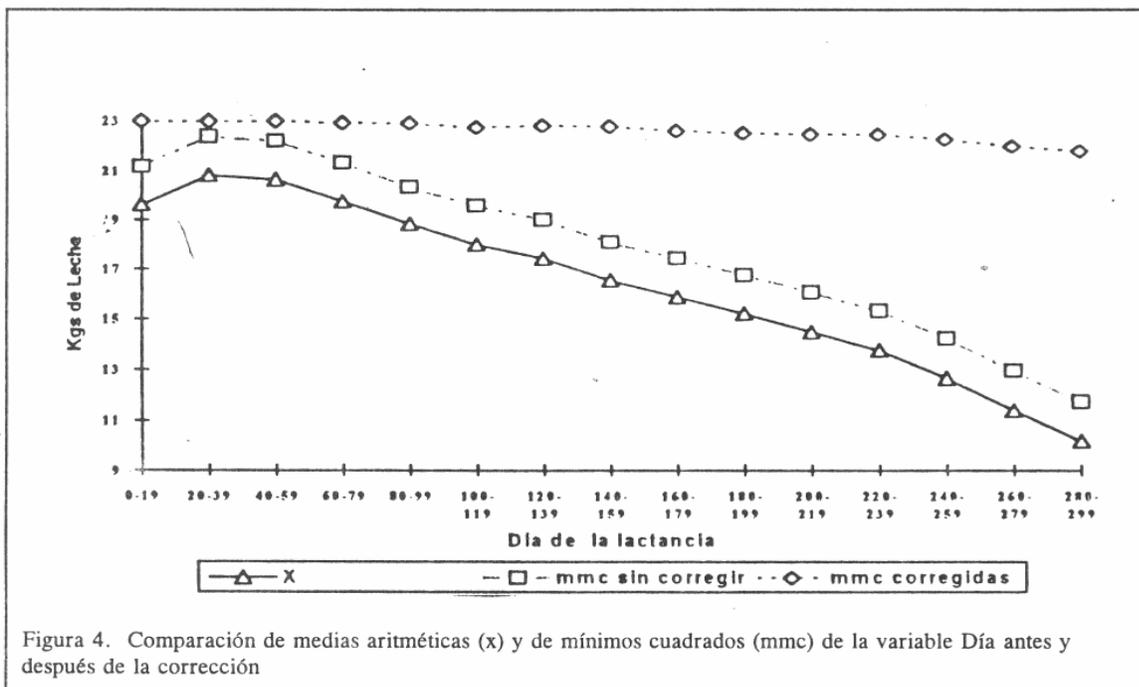


Figura 4. Comparación de medias aritméticas (x) y de mínimos cuadrados (mmc) de la variable Día antes y después de la corrección

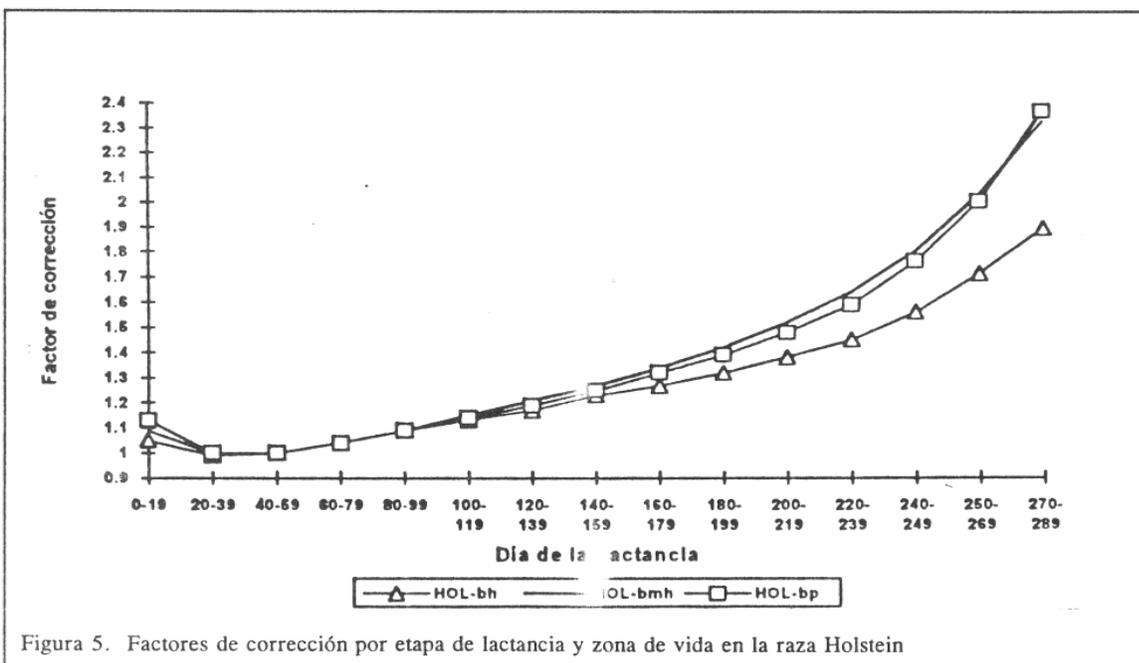
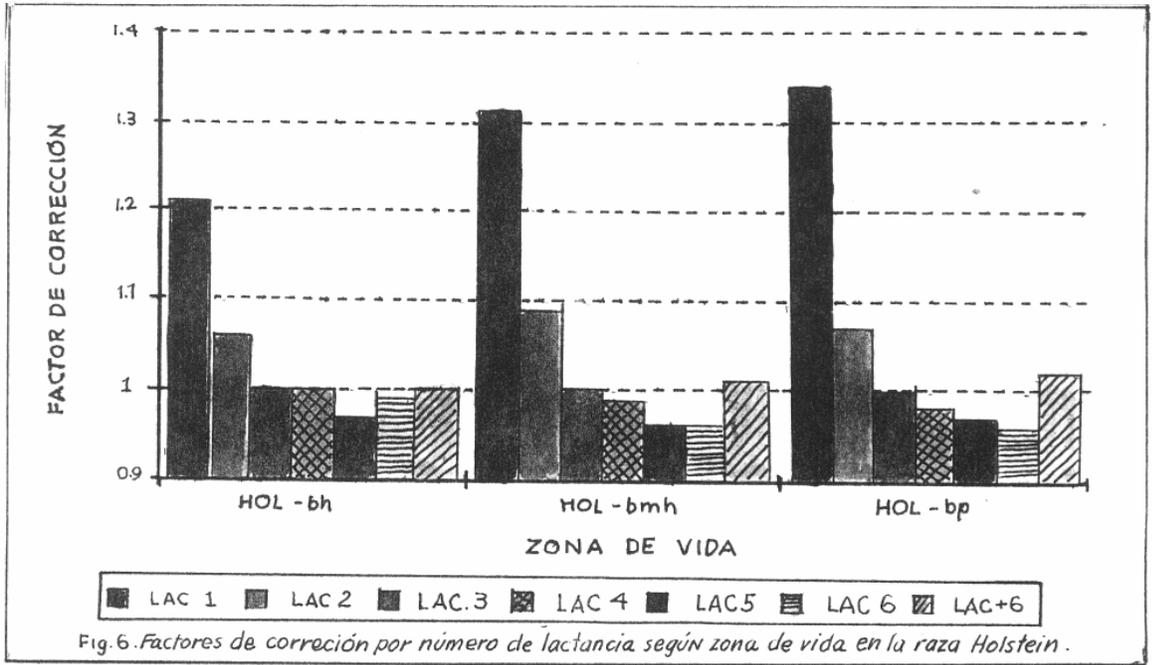


Figura 5. Factores de corrección por etapa de lactancia y zona de vida en la raza Holstein



el realizado por Madalena *et al.* (1979), podría ayudar a esclarecer este problema.

La eficacia de los factores calculados parece ser adecuada dentro de la base de datos analizada, de acuerdo con la prueba realizada con el grupo HOL-bh. Al igual que los resultados mencionados por Wilmink (1987b), algunos factores mantienen su significancia después de la corrección, por ejemplo, Día en el análisis presente. Sin embargo, la disminución en los valores de F es muy grande y las diferencias en los niveles de los factores corregidos son mínimas. La significancia se mantiene probablemente por lo numeroso de los niveles dentro de la variable Día y por el elevado número de observaciones. Una posterior validación de los factores calculados en una base de datos distinta debe realizarse en el futuro para medir la eficiencia de las correcciones.

Conclusiones

Los factores de corrección calculados permiten una estandarización altamente eficiente de los registros diarios de producción dentro de la base de datos utilizada. Sin embargo, los mismos deben ser validados dentro de nuevas bases de datos y puestos a disposición de los productores a través del programa VAMPP, para su posterior evaluación a nivel de finca. El modelo utilizado explicó un alto porcentaje de la variación, pero puede ser perfeccionado mediante la inclusión de otros factores, tales como nivel de producción de los hatos, factores genéticos e interacciones. Parece conveniente realizar investigación adicional concerniente al efecto de factores genéticos y ambientales sobre los parámetros de la curva de lactancia en el trópico húmedo.

Literatura Citada

- Batra, T. R. and A. J. Lee. 1981. Extending records in progress to 305-day lactation production by using 1965 USDA and modified extension factors. *Can. J. Anim. Sci.* 61:523.
- Batra, T. R. and A. J. Lee. 1985. Comparison of three methods of predicting 305-day milk and fat production in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 65:341.
- Berger, P. J., R. D. Shanks, E. A. Freeman, and R. C. Laben. 1981. Genetic aspects of milk yield and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 64:114.
- Dwinger, R. H., E. Cappella, E. Pérez, M. Baaijen, and E. Müller. 1994. Application of a computerized herd management and production control program in Costa Rica. *Tropical Agriculture* 71:74.
- Hansen, L. B., A. E. Freeman, and P. J. Berger. 1983. Yield and fertility relationships in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 66:293.
- Holdridge, L. R. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. Trad. por Humberto Jiménez Saa. San José, Costa Rica. IICA. 216 p.
- Keown, J. F. and R. W. Everett. 1985. Age-month adjustment factors for milk, fat, and protein yields in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 68:2664.
- Keown, J. F., R. W. Everett, N. B. Empet, and L. H. Wadell. 1986. Lactation curves. *J. Dairy Sci.* 69:769.
- Laben, R. L., R. Shanks, P.J. Berger, and A. E. Freeman. 1982. Factors affecting milk yield and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 65:1004.
- Lee, A. J. 1974. Month, year, and herd effects on age adjustment of first lactation milk yield. *J. Dairy Sci.* 57:332.
- Madalena, F. E., M. L. Martínez, and A. F. Freitas. 1979. Lactation curves of Holstein-Friesian and Holstein Friesian x Gyr cows. *Anim. Prod.* 29:101.
- Miller, Y., J. Freund y R. Johnson. 1992. *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*. 4a. ed. Edit. Prentice-Hall Hispanoamericana. México D. F. 624 p.
- Noordhuizen, J. P. T. M. 1984. *Veterinary herd health and production control on dairy farms*. Ph. D. Thesis. University of Utrecht, The Netherlands, 206 p.
- Norman, H. D., F. N. Dickinson, and J. R. Wright. 1985. Merit of extending completed records of less than 305 days. *J. Dairy Sci.* 68:2646.

- Pérez, E., M. T. Baayen, E. Cappella, and H. Barkema. 1989. Development of a livestock information system for Costa Rica. In: (H. Kuil, R.W. Paling and J.E. Huhn (Ed). *Livestock Production and Diseases in the Tropics. Proc. VI Intl. Conf. Inst. Trop. Vet. Med. Utrecht, The Netherlands*, pp. 221-224.
- Reyes, A. de los, y A. Menéndez Buxadera. 1987. Efectos del número de lactancia, edad al parto y período de servicio sobre la producción de vacas Holstein. *Rev. Cubana. Reprod. Anim.* 13:63.
- Rodríguez, R. 1987. Comportamiento de la curva de lactancia de vacas Holstein en condiciones tropicales. *Rev. Cubana. Reprod. Anim.* 13:103.
- Schaeffer, L. R., C. E. Minder, Y. McMillan, and E. B. Burnside. 1977. Nonlinear techniques for predicting 305-day lactation production of Holstein and Jerseys. *J. Dairy Sci.* 60:1636.
- Wiggans, G. R., and L. D. Van Vleck. 1979. Extending partial lactation milk and fat records with a function of last-sample production. *J. Dairy Sci.* 62:316.
- Wayne Kellog, D., N. Urquhart, and A. J. Ortega. 1977. Estimating Holstein lactation curves with a gamma curve. *J. Dairy Sci.* 60:1308.
- Wilmink, J. B. M. 1987a. Adjustment of lactation yield for age at calving in relation to level of production. In: *Studies on test-day lactation milk, fat and protein yield of dairy cows. PhD. thesis Royal Dutch Cattle Syndicate, Arnhem.* pp. 6-22.
- Wilmink, J. B. M. 1987b. Adjustment of test-day milk, fat and protein yield for age, season and stage of lactation. In: *Studies on test-day lactation milk, fat and protein yield of dairy cows. PhD. thesis Royal Dutch Cattle Syndicate, Arnhem.* pp. 24-40.