

FACTORES DE PROYECCIÓN Y DE CORRECCIÓN PARA PRODUCCIÓN POR LACTANCIA EN VACAS LECHERAS 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 determinaron factores multiplicativos de proyección para estimar producción total de leche a 305 días con base en lactancias en progreso o terminadas tempranamente por causas no genéticas. Se incluyeron lactancias de los siguientes grupos raciales: Holstein (HOL\ $n = 8073$), Jersey (JER\ $n = 2529$), Pardo Suizo (PSUI\ $n = 1143$), Guernsey ($n = 180$) y cruces *Bos taurus*-*B. indicus* ($n = 338$) y *B. taurus*-*B. taurus* ($n = 703$). Los factores de proyección se calcularon por dos métodos, el primero basado en las producciones parciales acumuladas (ACU) y el segundo en éstas más el último registro de producción (UR). Las correlaciones fenotípicas (rg_f) entre las producciones estimadas a 305 días y las reales (PR305) oscilaron entre 0.67 y 1.00 a diferentes etapas. Las rg_f involucrando UR rebasaron ($P < 0.001$) las con ACU independientemente de la raza. Las rg_f se incrementaron desde 0.832 hasta 0.999 con 10 hasta 290 días de registros parciales y los errores de estimación se redujeron desde 25 % hasta 0 con respecto a PR305. El promedio de rg_f osciló entre las razas desde 0.911 (PSUI) hasta 0.953 (HOL). Los factores calculados por UR son más precisos y se recomienda su uso cuando se dispone de registros de al menos 150 días. Adicionalmente, se calcularon factores de corrección mediante el ajuste de un modelo mixto con PR305 como variable de respuesta. Los efectos fijos incluidos fueron hato (H), año de parto (APA), número de lactancia (NL) y época de parto (EPA) y de covariable, días abiertos (DA). El efecto aleatorio de vaca fue absorbido. Se generaron factores de corrección para NL y EPA; y para HOL y JER, factores adicionales dentro de tres zonas: Bosque húmedo (bh), Bosque muy húmedo (bmh) y Bosque pluvial (bp). Las variables H y APA presentaron efectos ($P < 0.001$) en todos los casos. El efecto de DA fue ($P < 0.001$) para la mayoría de los grupos, pero el coeficiente de regresión más alto fue de sólo 1.92 (HOL-bp). El efecto de EPA fue ($P < 0.001$) para HOL-bmh y HOL-bp y ($P < 0.05$) para JER-bp, pero ($P > 0.05$) en los demás grupos, oscilando los factores entre 1.02 y 1.24 y siendo menor la producción de vacas paridas en la época seca. El efecto de NL fue ($P < 0.001$) siempre, con factores entre 0.84 y 1.34 y siendo las diferencias principales entre la primera, la segunda y las posteriores lactancias. Es indispensable la corrección de la producción por este factor.

PALABRAS CLAVES: Factores de proyección, Factores de corrección, Trópico húmedo, Ganado Lechero

ABSTRACT

Projection and Adjustment Factors for Lactational Milk Production of Dairy Cows in Costa Rica

Multiplicative factors were determined for estimating 305-day milk production from lactations in progress or terminated prematurely due to nongenetic causes. Records were from breed groups Holstein (HOL\ $n = 8073$), Jersey (JER\ $n = 2529$), Brown Swiss (PSUI\ $n = 1143$), Guernsey ($n = 180$) and crosses of *Bos taurus*-*B. indicus* ($n = 338$) and *B. taurus*-*B. taurus* ($n = 703$). Projection factors were calculated by two methods, one based on accumulated partial production (ACU) and the other based on the latter plus the latest production record (UR). Phenotypic correlations (rg_f) between estimated and actual production (PR305) ranged from 0.67 to 1.00 at different stages. The rg_f involving UPR were higher ($P < 0.0001$) than those for ACU, independent of breed. Values of rg_f increased from 0.832 to 0.999 as days in the record increased from 10 to 290, while predictive errors decreased from 25% to 0 with respect to PR305. Mean rg_f for the different breed groups ranged from 0.911 (PSUI) to 0.953 (HOL). Factors obtained by the UR method are more accurate and can be recommended for use with partial records of at least 150 days. Adjustment factors were also calculated by fitting a mixed model. This included PR305 as response variable; fixed effects of herd (H), calving year (APA), lactation number (NL), and calving season (EPA); and days open (DA) as a covariate; random effect of cow was absorbed. Adjustment factors were generated for NL and EPA, and for HOL and JER, additional factors in three ecological zones: Humid forest (bh), Very humid forest (bmh) and Pluvial forest (bp). Variables H and APA had effects ($P < 0.001$) in all cases. Effect of DA was also ($P < 0.001$) in most of the groups, but the maximum regression coefficient was only 1.92 for HOL-bp. Effect of EPA was ($P < 0.001$) for HOL-bmh and HOL-bp and ($P < 0.05$) for JER-bp, but ($P > 0.05$) for all other groups; with the factors ranging from 1.02 to 1.24 and production being less in cows calving in the dry season. Effect of NL was ($P < 0.001$) in all groups, with factors from 0.84 to 1.34 and the principal differences being between first, second, and later lactations. Adjustment for this factor is indispensable.

KEYWORDS: Projection factors, Adjustment factors, Humid tropics, Dairy cattle

Introducción

La estimación de la producción total de leche durante la lactancia con base en registros parciales se practica dentro de algunos programas de registros oficiales desde los años sesenta (McDaniel *et al.*, 1965). Por otra parte el ajuste de la producción total de leche durante la

lactancia por factores de edad y época de parto es también una práctica generalizada (McDaniel *et al.*, 1967). El objetivo de estos ajustes es obtener estimados estandarizados de producción de leche que permitan una comparación justa entre distintos animales. La necesidad de ajustar la producción total en la lactancia por época y edad al parto ha sido comprobada

por varias investigaciones (Keown y Everett, 1985; Wilmink, 1987a). Se han estimado, por ejemplo, diferencias de hasta 1925 kg por lactancia entre vacas paridas a diferentes edades (Wilmink, 1987a).

La proyección de lactancias es una práctica que permite incluir el mayor número posible de hembras en la evaluación genética de sementales y facilita una más rápida detección de las vacas de alta producción (Keown y Van Vleck, 1973). Estos factores pueden ser utilizados tanto en vacas que no han completado su lactancia como en las con lactancias interrumpidas (Miller *et al.*, 1972). Una discusión exhaustiva sobre las razones para proyectar lactancias es la de Norman *et al.* (1985).

Se han utilizado distintos métodos para estimar las producciones totales por lactancia. El uso de factores multiplicativos calculados con base en la relación entre producciones acumuladas parciales y las producciones totales es uno de ellos (Wiggans y Van Vleck, 1979; Wiggans *et al.*, 1979). Otros métodos utilizan además información de los últimos registros de producción (Wiggans y Van Vleck, 1979). Se han desarrollado métodos más sofisticados tales como la regresión lineal múltiple entre registros parciales y totales o regresiones entre los remanentes calculados a distintas etapas de la lactancia y la producción en el último día de registro (Miller *et al.*, 1972; Batra y Lee, 1985). Las regresiones no lineales también han sido utilizadas con éxito (Schaeffer *et al.*, 1977). La precisión de estos métodos cuando los registros parciales incluyen más de 100 días de lactancia son sorprendentemente altos. En general, los métodos no lineales tienden a ser más precisos (Batra y Lee, 1985) y dentro de los métodos lineales las correlaciones entre producciones reales

y estimadas oscilan entre 0.43 y 0.98, siendo considerablemente más altas hacia el final de la lactancia (Schaeffer *et al.*, 1977; Batra y Lee, 1981, 1985).

El objetivo del presente estudio es calcular factores de proyección por grupo racial para lactancias incompletas y factores de corrección por número de lactancia y época de parto dentro de grupo racial en el trópico húmedo de Costa Rica.

Materiales y Métodos

Esta investigación utilizó 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 (Pérez *et al.*, 1989; Dwinger *et al.*, 1994). La misma consistió en registros diarios de producción de leche recolectados por los productores y digitados en el programa de cómputo VAMPP (Noordhuizen, 1984). Estos registros fueron posteriormente recopilados y centralizados para su análisis posterior.

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. Se requirió un mínimo de 10 lactancias por hato. Los hatos con animales de raza Holstein y Jersey fueron clasificados además de acuerdo con la zona de vida en que se ubican, utilizando para ello la clasificación primaria del método propuesto por Holdridge (1987). Se identificaron 3 distintas zonas de vida: bosque húmedo (bh), bosque muy húmedo (bmh) y bosque pluvial (bp).

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 y la desviación estándar. Se eliminaron las observaciones que presentaron desviación mayor a 2.5 unidades estándares con respecto a la media aritmética del respectivo subgrupo, presumiendo que fueron valores erróneos con base en una distribución normal (Miller *et al.*, 1992).

Posteriormente, se seleccionaron las lactancias que tuvieron una duración mínima de 250 días. Los registros de producción correspondientes a períodos posteriores a los 350 días fueron eliminados. Se exigió al menos un registro de producción ubicado dentro de cada etapa de 40 días a partir del parto (0-40, 40-80, etc). De esta manera, en el peor de los casos se contó con una lactancia de 250 días y 6 registros de producción.

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, siguiendo el método utilizado por Wilmink (1987b). Se calcularon las producciones a intervalos de 20 días iniciando desde el día 10 y finalizando en el día 290. De esta manera la base de datos final consistió de lactancias uniformes de 15 registros individuales cada una. Una vez calculados los interpolados se obtuvieron las producciones parciales o totales multiplicando cada registro por el número de días en el intervalo y sumando las producciones de todos los intervalos. Estos estimados parciales y totales se

supusieron como producciones reales, al no contar con registros reales para cada día de la lactancia.

Cálculo de factores de proyección

Se estimaron factores multiplicativos con base en las producciones parciales y totales reales obtenidas de la ecuación 1. Se utilizaron 2 distintos métodos obtenidos de Wiggans y Van Vleck (1979) y Wiggans *et al.* (1979), los cuales se describen a continuación:

a. *Estimación de la producción a 305 días con base en la producción parcial acumulada (Método ACU):* Los factores de extensión (FP_{ACU}) para registros de producción parciales a n días se estimaron de acuerdo con la ecuación 1.

(1)

$$FP_{ACU} = \Sigma(PR_{305} - Y_n) / \Sigma[Y_n/n \cdot (305 - n)]$$

donde:

FP_{ACU} = Factor de proyección estimado por el método ACU.

PR_{305} = Producciones reales a 305 días obtenidas de la ecuación 1.

n = Período transcurrido entre el inicio de la lactancia y el día del último registro.

Y_n = Producción de la vaca durante el periodo n .

La estimación de la producción total a 305 días ($PE_{305_{ACU}}$) se realizó utilizando la ecuación 2.

(2)

$$PE_{305_{ACU}} = [1 + FP_{ACU} \cdot (PR_{305} - n) / n] \cdot Y_n$$

305

b. Estimación de la producción a 305 días con base en el último registro (Método UR): Los factores de extensión (FP_{UR}) para producciones parciales a n días fueron estimados de acuerdo con la ecuación 3.

$$FP_{UR} = \Sigma (PR305 - Y_n) / \Sigma [Y_u \cdot (305 - n)] \quad (3)$$

donde:

Y_u = Producción registrada en el último día.

En este caso, la estimación de la producción total a 305 días ($PE305_{UR}$) se realiza utilizando la ecuación 4.

$$PE305_{UR} = Y_n + FP_{UR} \cdot Y_u \cdot (305 - n) \quad (4)$$

Debido al tamaño de la base de datos, no se pudieron calcular los factores de proyección dentro de cada época y grupo de edad al parto. La evaluación de la precisión de ambos modelos se realizó mediante la comparación de las diferencias entre los remanentes reales y los estimados por cada modelo de estimación. Los remanentes fueron estimados como la producción total menos la producción parcial a una determinada etapa de la lactancia. Se evaluaron además las correlaciones fenotípicas (rg_f) entre las producciones reales a 305 días ($PR305$) y las estimadas por los modelos ($PE305_{ACU}$ y $PE305_{UR}$). Se realizó un análisis de varianza de los rg_f estimados utilizando el modelo 5.

$$Y_{ijk} = RAZ_i + ETA_j + MET_k + e_{ijk} \quad (5)$$

donde:

Y_{ijk} = Índice de correlación fenotípica (rg_f) entre producciones reales ($PR305$) y estimadas ($PE305_{ACU}$, $PE305_{UR}$).

RAZ_i = Efecto fijo del i -ésimo grupo racial.

ETA_j = Efecto fijo de la j -ésima etapa de la lactancia. ($j = 10, 30, 50, \dots, 290$).

MET_k = Efecto fijo del k -ésimo año de parto ($k = ACU$ y UR).

e_{ijk} = Error aleatorio.

Cálculo de los factores de corrección para producción total de leche

Los factores de corrección se calcularon para cada grupo racial, primero en toda la población de la raza en el país y posteriormente, para las razas Holstein y Jersey, se realizó dentro de las zonas bh, bmh y bp (Holdridge, 1987). Los factores de corrección fueron obtenidos con base en el siguiente modelo mixto 6.

$$Y_{ijklmno} = H_i + NL_j + APA_k + EPA_l + DA_m + Vaca_n + e_{ijklmn} \quad (6)$$

donde:

$Y_{ijklmno}$ = Producción de leche real a 305 días.

H_i = Efecto fijo del i -ésimo hato.

NL_j = Efecto fijo del j -ésimo número de lactancia. ($j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, > 6$).

APA_k	=	Efecto fijo del k-ésimo año de parto ($k = 87, 88, 89, \dots 94$).
EPA_l	=	Efecto fijo de la l-ésima época de parto ($l = 1, 2$).
DA_m	=	Efecto fijo de la covariable Días Abiertos.
$Vaca_n$	=	Efecto aleatorio de Vaca (absorbido).
e_{ijklmn}	=	Error aleatorio.

La definición de épocas por zona y el ajuste del model se describieron anteriormente (Vargas y Solano, 1995).

Resultados y Discusión

Las producciones reales, parciales y totales, para cada grupo racial se presentan en la Tabla 1. La gran mayoría de las lactancias (82.4%) correspondieron a las razas Holstein y Jersey, mientras para los demás grupos, sobre todo BTBT y Guernsey, el número fue bastante reducido. Los promedios reales de producción por lactancia fueron mayores que los de otros informes sobre grupos raciales lecheros en el trópico, bajo sistemas semi-intensivos de producción (Madalena *et al.*, 1979; Rodríguez, 1987). La raza Holstein es la de mayor producción y le siguen, en su orden, las Guernsey y Jersey, luego los grupos *Bos taurus-Bos taurus*, *Bos taurus-Bos indicus* y por último la raza Pardo Suizo. Algunas particularidades de los grupos observadas en la producción pueden deberse a condiciones específicas. La baja productividad de la raza Pardo Suizo probablemente se deba a que los datos provenían en su mayoría de una finca. Este es el mismo caso de la Guernsey, que muestra una producción bastante elevada.

Las altas producciones del grupo *Bos taurus-Bos taurus* probablemente reflejan una alta proporción de la raza Holstein en estos animales. Las producciones en ambos grupos cruzados no son conclusivas al no contar con las proporciones exactas de las razas involucradas.

Cálculo de factores de proyección

En la Tabla 2 se detallan los factores de proyección calculados para cada uno de los grupos raciales. El contraste máximo entre dos grupos raciales en los factores de alguna etapa fue de 0.10 punto (BTBI y PSUIZO). Las correlaciones entre los estimados de producción a 305 días por los métodos de ACU y UR contra los valores reales (Tabla 3) indican estimaciones de precisión altamente variable dependiendo de la raza, el número de registros parciales disponibles y el método de cálculo utilizado. Las rg_r variaron desde 0.672 hasta 1.000 (Tabla 3). Todas las correlaciones fueron mayores de 0.90 cuando los registros parciales incluyen al menos 110 días. Wilmlink (1987b) encontró correlaciones de 0.87, 0.88 y 0.88 con factores generados por regresión simple, regresión múltiple y análisis de factores, respectivamente, y con registros parciales de menos de 50 días. La separación entre las curvas estimadas y la real fue mucho mayor en las primeras fases de la lactancia y tendieron a unirse conforme se acercó al final (Figura 1).

En promedio las correlaciones más altas fueron obtenidas para los grupos HOL y BTBI, mientras que las más bajas fueron para GUER y PSUI (Tabla 4). En cuanto a la precisión relativa de ambos métodos utilizados, los estimados por UR tuvieron una mayor relación ($P < 0.0001$) con los valores reales que los estimados por ACU

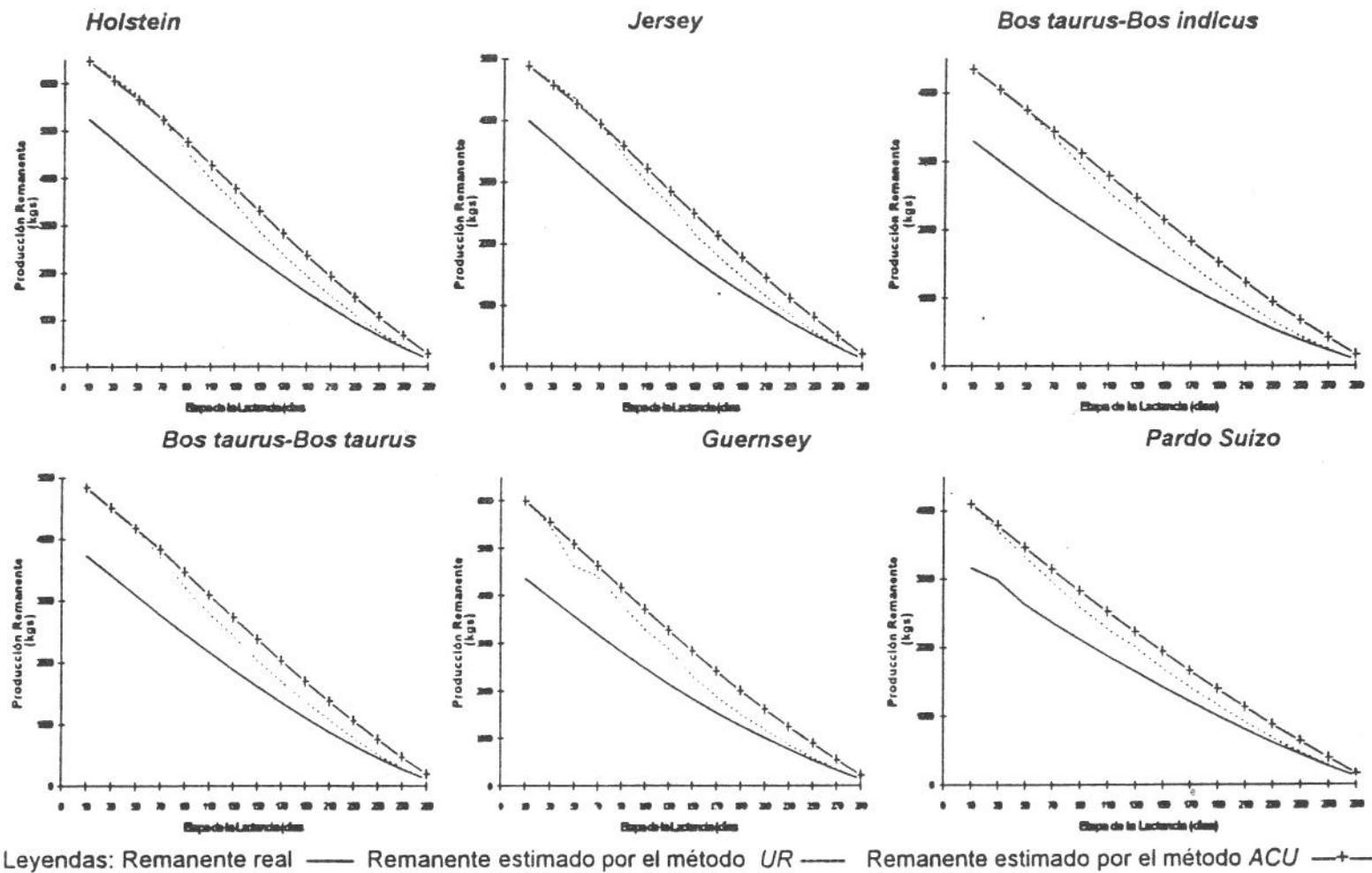


Figura 1. Remanentes reales contra estimados por el método acumulado (ACU) y de último registro (UR)

Tabla 1. Producción de leche real parcial y total a 305 días (PR305) en los grupos raciales analizados

Etapas de la lactancia	Grupo Racial					
	HOL	JER	BTBI	BTBT	GUER	PSUI
(n)	(7436)	(2439)	(322)	(683)	(167)	(1062)
10	219.5	165.4	147.2	163.9	203.4	139.0
30	661.4	498.5	441.5	491.3	605.4	413.1
50	1109.1	836.4	735.2	818.0	997.4	679.0
70	1555.9	1173.7	1025.0	1139.4	1378.7	936.1
90	1989.8	1500.9	1304.8	1448.2	1745.2	1183.3
110	2404.5	1814.2	1572.2	1742.3	2093.2	1421.0
130	2804.8	2117.9	1830.3	2024.9	2428.1	1652.8
150	3187.4	2408.7	2073.9	2295.4	2743.2	1877.3
170	3549.6	2683.7	2299.6	2552.5	3032.5	2092.6
190	3894.8	2945.0	2512.5	2797.5	3303.9	2299.7
210	4222.2	3193.5	2711.9	3029.7	3560.7	2497.6
230	4530.0	3428.1	2897.3	3247.4	3802.8	2686.0
250	4815.5	3647.1	3067.5	3447.4	4028.8	2865.0
270	5076.0	3448.8	3220.2	3628.4	4238.4	3033.6
290	5309.4	4031.9	3354.2	3789.9	4431.2	3191.0
PR305	5503.7	4172.8	3436.2	3901.7	4587.2	3309.2
s.d.	1157.7	755.5	779.1	714.2	752.7	532.0
c.v.	21.0	18.1	22.7	18.3	16.4	16.1

(Tabla 4). Esto concuerda con los resultados de Miller *et al.* (1972), Wiggans y Van Vleck (1979). En la Figura 1, la curva generada por UR está siempre más cerca a la curva real que la generada por ACU.

Al estudiar las diferencias entre los remanentes de leche estimados y los reales (Tabla 5) se observa que ambos métodos sobrestiman la producción. Las sobreestimaciones en las primeras fases de la lactancia son bastante altas, pudiendo llegar a ser de casi un 25 % con respecto a la producción total durante la lactancia.

Estas discrepancias son mayores que las informadas por Miller *et al.* (1972) y Wilmink (1987), debido a que en estos casos los factores se calcularon dentro de cada época y grupo de edad. Los errores de estimación bajan hasta ser de aproximadamente un 15 % a los 110 días y son menores de un 10% después de los 150 días, con respecto a los totales. No parece recomendable la utilización de este tipo de factores cuando se dispone de registros parciales menores de 150 días. Esto se aprecia gráficamente en la Figura 1.

Tabla 2. Factores de proyección por grupo racial estimados por el método basado en producciones parciales acumuladas (ACU) y por el método basado en producciones parciales y últimos registros (UR)

ETAPA (días)	HOL		JER		BTBI		BTBT		GUER		PSUI	
	ACU	UR	ACU	UR	ACU	UR	ACU	UR	ACU	UR	ACU	UR
10	0.812	0.812	0.819	0.819	0.760	0.760	0.774	0.774	0.727	0.727	0.772	0.772
30	0.794	0.787	0.802	0.794	0.743	0.743	0.758	0.759	0.714	0.726	0.764	0.779
50	0.772	0.760	0.780	0.767	0.723	0.725	0.740	0.742	0.702	0.724	0.758	0.786
70	0.750	0.753	0.778	0.761	0.704	0.721	0.723	0.743	0.689	0.723	0.754	0.799
90	0.733	0.764	0.742	0.773	0.687	0.729	0.710	0.759	0.677	0.735	0.751	0.816
110	0.720	0.776	0.730	0.785	0.673	0.737	0.700	0.772	0.667	0.750	0.748	0.827
130	0.707	0.773	0.717	0.777	0.656	0.724	0.689	0.772	0.655	0.739	0.742	0.821
150	0.694	0.796	0.704	0.805	0.641	0.764	0.678	0.790	0.644	0.788	0.736	0.840
170	0.683	0.806	0.694	0.817	0.629	0.775	0.667	0.797	0.638	0.815	0.729	0.849
190	0.670	0.816	0.683	0.830	0.615	0.789	0.653	0.805	0.633	0.836	0.722	0.862
210	0.655	0.828	0.670	0.842	0.600	0.804	0.638	0.816	0.626	0.849	0.714	0.880
230	0.639	0.847	0.657	0.861	0.583	0.823	0.620	0.836	0.618	0.873	0.706	0.898
250	0.622	0.875	0.642	0.888	0.563	0.853	0.602	0.869	0.610	0.902	0.698	0.917
270	0.605	0.919	0.628	0.929	0.545	0.906	0.585	0.919	0.603	0.939	0.690	0.950
290	0.600	0.998	0.624	0.998	0.539	0.997	0.581	0.998	0.603	0.998	0.689	0.998

Probablemente la utilización de un modelo no lineal, tal como el sugerido por Batra y Lee (1985) o Schaeffer *et al.* (1977) mejoraría la precisión de los estimados. Además, el cálculo de distintos grupos de factores a distintas edades o números de lactancia, como lo realizó Wilmink (1987a), podría también incrementar su precisión. Sin embargo, para ello se requiere de una estructura más consistente de la base de datos.

Cálculo de factores de corrección para P305

Los resultados del análisis de varianza efectuado con el modelo 6 (Tabla 6) indicaron un alto valor de F en la mayoría de los casos oscilando desde 7.52 para Guernsey hasta 138.6 para Holstein.

Estos contrastes probablemente están determinados por la alta variación en el número de grados de libertad disponibles, más que por diferencias raciales.

Es notable que el factor que presenta los más altos valores de F para todos los grupos, exceptuando BTBI y JER-bp, es NL (Tabla 6). Gran parte de la variación es causada por este factor, lo cual se comprueba en los factores de corrección calculados (Tabla 7) donde existe una oscilación de hasta 0.40 punto (JER-bmh) entre los factores estimados para distintas lactancias. Wilmink (1987a) también menciona altas diferencias entre distintas edades de parto, con límites de variación en los factores de 0.30. Asimismo, Keown y Everett (1985) encuentran una variación análoga de hasta 0.45 punto. Las menores

Tabla 3. Coeficientes de correlación fenotípica (r_g) entre estimados de producción de leche a 305 días y producción real por los métodos de producción acumulada (PE305_{ACU}) y de último registro (PE305_{UR}) en distintas etapas de la lactancia para cada grupo racial

ETAPA (días)	HOL		JER		BTBI		BTBT		GUER		PSUI	
	ACU	UR	ACU	UR	ACU	UR	ACU	UR	ACU	UR	ACU	UR
10	0.820	0.820	0.747	0.747	0.824	0.824	0.793	0.793	0.672	0.672	0.691	0.691
30	0.853	0.898	0.793	0.859	0.856	0.899	0.830	0.884	0.730	0.821	0.742	0.819
50	0.890	0.931	0.847	0.906	0.893	0.927	0.875	0.919	0.805	0.882	0.806	0.855
70	0.917	0.946	0.885	0.925	0.917	0.942	0.905	0.935	0.860	0.917	0.850	0.873
90	0.933	0.956	0.909	0.939	0.933	0.950	0.925	0.945	0.896	0.942	0.879	0.897
110	0.946	0.965	0.926	0.951	0.944	0.958	0.938	0.952	0.920	0.950	0.900	0.914
130	0.956	0.959	0.941	0.928	0.953	0.929	0.948	0.948	0.938	0.909	0.917	0.917
150	0.964	0.979	0.951	0.967	0.960	0.974	0.956	0.966	0.951	0.970	0.933	0.943
170	0.971	0.984	0.960	0.978	0.968	0.982	0.963	0.974	0.962	0.975	0.945	0.959
190	0.977	0.989	0.969	0.984	0.974	0.987	0.967	0.981	0.971	0.980	0.956	0.968
210	0.983	0.992	0.976	0.989	0.981	0.991	0.976	0.987	0.978	0.988	0.966	0.977
230	0.986	0.996	0.983	0.994	0.987	0.996	0.983	0.993	0.984	0.993	0.974	0.986
250	0.992	0.998	0.989	0.998	0.992	0.998	0.989	0.998	0.990	0.998	0.983	0.995
270	0.997	0.999	0.995	0.999	0.996	0.999	0.994	0.999	0.996	0.999	0.992	0.999
290	0.999	1.000	0.999	1.000	0.999	1.000	0.999	1.000	0.999	1.000	0.998	1.000

variaciones entre lactancias se determinaron para el grupo racial *BTBI* (Tabla 7). Esto podría indicar una producción más estable de este grupo. Obviamente los factores más altos fueron los calculados para la lactancia 1, cuya producción fue hasta 34% más baja que la tercera lactancia. Los factores más bajos no coincidieron en todo caso, pero oscilaron entre la cuarta y la séptima lactancia. En realidad, a partir de la tercera lactancia las variaciones fueron ostensiblemente menores, lo que indica que en algunos grupos raciales, probablemente, las lactancias posteriores a la segunda puedan ser agrupadas para el cálculo de factores de corrección.

Los factores de hato y año de parto son los que siguen en importancia (Tabla 6). En algunos grupos la variación

explicada por *H* es mayor la de *APA* (*BTBI*, *BTBT*, *HOL-bh*, *HOL-bmh*, *JER-bh*), siendo al contrario en los demás casos. Otras investigaciones (Lee, 1974; Laben *et al.*, 1982) también señalan efectos importantes de factores ambientales de hato y año sobre la producción de leche. En los grupos raciales con mayor número de hatos esta fuente de variación tendió a ser más importante. Posiblemente los factores puedan calcularse para distintos estratos de producción tal como lo plantea Wilmink (1987b). El factor *DA* no fue significativo ($P > 0.05$) en los grupos *JER*, *GUER* y *PSUI*, a diferencia de los demás. Los coeficientes de regresión estimados en estos casos oscilaron entre 0.785 (*BTBT*) y 1.919 (*HOL-bp*) kg de leche de aumento en producción por lactancia por cada incremento

Tabla 4. Promedios ajustados de los coeficientes de correlación fenotípica (r_{gf}) para etapas de la lactancia (ETA), métodos de estimación (MET) y grupos raciales (RAZ)

Factor	Clase	r_{gf} Promedio ¹
ETA	10	0.758 a
ETA	30	0.832 b
ETA	50	0.878 c
ETA	70	0.906 d
ETA	90	0.925 e
ETA	110	0.939 e
ETA	130	0.937 e
ETA	150	0.960 f
ETA	170	0.968 f g
ETA	190	0.975 f g h
ETA	210	0.982 g h i
ETA	230	0.988 h i j
ETA	250	0.993 i j
ETA	270	0.997 j
ETA	290	0.999 j
MET	UR	0.944 a
MET	ACU	0.927 b
RAZ	HOL	0.953 a
RAZ	BTBI	0.951 a
RAZ	BTBT	0.944 a b
RAZ	JER	0.934 b
RAZ	GUE	0.922 c
RAZ	PSUI	0.911 c

¹Medias de literales distintas en una misma clase son diferentes entre sí ($p < 0.05$, al menos).

de 1 día en DA. Esta relación antagonista entre producción y reproducción ha sido también documentada por otros investigadores (Berger *et al.*, 1981; Hansen *et al.*, 1983; Reyes y Menéndez, 1987). En el caso presente este antagonismo fue menor, probablemente porque el promedio de DA fue bastante alto, oscilando entre 122.6 y 150.2 días entre los distintos grupos raciales.

El factor EPA, en general, no pareció ser muy importante y sólo fue significativo dentro de la raza Holstein, en las zonas bmh y bp y la Jersey en la zona más lluviosa (bp). En todos los casos donde este efecto fue significativo la producción fue menor durante la época 1, (la más seca). En el caso de JER-bp esta diferencia fue grande.

Tabla 5. Error promedio de estimación (EPE)¹ de remanentes por los métodos ACU y UR dentro de cada grupo racial

ETAPA (días)	HOL		JER		BTBI		BTBT		GUER		PSUI	
	ACU	UR	ACU	UR	ACU	UR	ACU	UR	ACU	UR	ACU	UR
10	1220	1220	882	882	1042	1042	1095	1095	1636	1636	936	936
30	1250	1304	906	951	1041	1038	1091	1085	1585	1495	805	731
50	1292	1381	940	1012	1037	1029	1086	1074	1515	1063	837	713
70	1305	1287	952	940	1019	940	1061	956	1438	1223	774	597
90	1268	1075	924	780	974	798	1004	740	1345	1017	705	479
110	1193	887	868	642	911	670	927	639	1234	826	635	394
130	1106	786	807	587	847	616	847	555	1127	755	573	360
150	1007	585	736	424	769	424	764	429	1008	493	513	272
170	894	464	652	332	678	334	676	345	871	349	450	215
190	778	358	565	250	585	251	587	267	734	249	387	161
210	658	260	476	181	491	179	497	197	602	179	323	110
230	533	171	384	119	394	119	402	129	473	112	257	70
250	401	94	287	65	295	66	302	69	346	59	191	40
270	260	35	186	24	190	24	195	24	218	21	122	14
290	110	0	78	0	80	0	82	0	91	0	51	0
EPE/15	885	660	643	479	690	502	708	510	948	632	504	339
EPE relativo ² (%)	0.16	0.12	0.15	0.11	0.2	0.15	0.18	0.13	0.21	0.14	0.15	0.1

¹EPE = Producción Remanente Estimada-Producción Remanente Real

²EPE relativo = EPE/PR305

Tabla 6. Valores de F y grados de libertad (gl) para los factores incluidos en el modelo 5 dentro de cada 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	
	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	80	126.8	74	26.5	26	14.5	70	8	14	9.1	14	9.1	23	109.3	65	72.9	30	52.4	13	4.8	47	18.4	20	9
NL	6	374	6	107.2	6	7	6	23.8	6	61	6	61	6	57.1	6	163.8	6	174	6	7	6	64.7	6	45.3
APA	7	128.1	7	70.1	7	11	7	7.3	5	30.1	5	30.1	7	14.4	7	69.8	7	73.5	7	4.5	7	22.1	6	65.8
EPA	1	26.8	-	NS	-	NS	-	NS	-	NS	-	NS	-	NS	1	23.8	1	16.6	-	NS	-	NS	1	5.2(*)
DA	1	110.6	-	NS	1	14.2	1	5.4	-	NS	-	NS	1	24.7	1	71.3	1	59.9	-	NS	-	NS	-	NS
Vaca		Abs		Abs		Abs		Abs		Abs		Abs		Abs		Abs		Abs		Abs		Abs		Abs
DA	1	110.6	-	NS	1	14.2	1	5.4(*)	-	NS	-	NS	1	24.7	1	71.3	1	59.9	-	NS	-	NS	-	NS
gl resid.		7340		2351		281		598		143		1036		1397		3438		2650		222		963		1036
F total		138.6		36.2		14.4		9.95		7.52		33.6		82.5		85.6		70.7		4.51		23.3		46.9

Abs Efecto absorbido

NS No significativo ($P > 0.05$)

(*) Significativo ($P < 0.05$)

Todos los demás efectos fueron altamente significativos ($P < 0.001$)

Tabla 7. Factores de corrección para producción de leche a 305 días por número de lactancia (NL) y época de parto (EPA) dentro de 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	1.27	1.25	1.18	1.21	1.23	1.25	1.20	1.30	1.33	1.14	1.34	1.05
NL.2	1.07	1.07	1.01	1.05	1.10	1.08	1.06	1.09	1.07	1.01	1.08	1.03
NL.3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
NL.4	0.99	0.96	0.95	0.96	0.99	0.96	1.00	0.99	0.98	0.93	0.98	0.99
NL.5	0.97	0.96	0.97	1.00	0.90	0.98	0.97	0.97	0.96	0.93	0.96	0.98
NL.6	0.97	0.96	0.96	0.96	0.98	0.99	0.99	0.97	0.95	0.88	0.95	0.84
NL. > 6	1.01	0.96	0.93	0.94	1.04	1.01	1.00	1.01	1.01	0.88	0.94	0.86
EPA 1	1.02	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	1.03	1.00	1.00	1.24
EPA 2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

n.e. No estimado. Efecto no significativo ($P < 0.05$) para el grupo respectivo según modelo 6.

Conclusiones

Los factores de proyección estimados por el método UR son más precisos que los estimados por ACU. No es recomendable la utilización de estos factores cuando los registros parciales son menores de 150 días, por los altos errores de estimación. Sin embargo, las altas correlaciones obtenidas permiten suponer que la utilización de un método más sofisticado de estimación, tal como regresiones múltiples o no lineales, calculados para distintos grupos de edad de parto, podrían permitir mejores estimaciones con registros parciales de menos de 150 días.

Referente a la corrección para el número de lactancia. La variación más alta se encuentra entre la primera, la segunda y las posteriores. La corrección por época de parto mostró ser de importancia mayormente para la raza Jersey dentro de la zona bp, donde la producción fue muy inferior durante la época seca, por razones desconocidas.

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 Sc.* 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. and L. D. Van Vleck. 1973. Extending lactation records in progress to 305-day equivalent. *J. Dairy Sci.* 56:1070.
- 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.
- McDaniel, B. T., R. H. Miller, and E. L. Corley. 1965. DHIA factors for projecting incomplete records to 305 days. *Dairy Herd Improvement Letter*, ARS, USDA, ARS-44:164.
- McDaniel, B. T., R. H. Miller, E. L. Corley, and R. D. Plowman. 1967. DHIA age adjustment factors for standardizing lactations to a mature basis. *ARS-44-188. Dairy Herd Improvement Letter* 43:1.
- Miller, R. H., R. E. Pearson, M. H. Fohman, and M. E. Creegan. 1972. Methods of projecting complete lactation production from part-lactation yield. *J. Dairy Sci.* 55:1602.
- 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, I. McMillan, and E. B. Burnside. 1977. Nonlinear techniques for predicting 305-day lactation production of Holsteins and Jerseys. *J. Dairy Sci.* 60:1636.
- Vargas-Leitón, B. y C. Solano-Patiño. 1995. Cálculo de factores de corrección para producción diaria en vacas lecheras de Costa Rica. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 3(2):131.
- 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.
- Wiggans, G. R., L. D. Van Vleck, and F. N. Dickinson. 1979. Projection factors for goat lactation records. *J. Dairy Sci.* 62:797.
- 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. Comparison of different methods of predicting 305-day milk yield using means calculated from within herd lactation curves. In: *Studies on test-day lactation milk, fat and protein yield of dairy cows.* PhD. thesis Royal Dutch Cattle Syndicate, Arnhem. pp. 41-60.