

Relación entre producción de leche y su contenido de Células somáticas, en lactancias completas en hatos lecheros de Puerto Rico¹

*José Pantoja², Angel A. Custodio³, Paul F. Randel⁴,
Silvia Cianzio⁵ y Bernardino Rodríguez⁶*

J. Agric. Univ. P.R. 80(3):169-181 (1996)

RESUMEN

Se analizó información procedente de 186 hatos acogidos al Programa de Mejoramiento de Hatos Lecheros de Puerto Rico (DHIP) para determinar el efecto del contenido de células somáticas en la leche sobre la producción de leche en lactancias completas. El conjunto de datos incluyó 9,507 lactancias que se iniciaron entre junio de 1981 y agosto de 1983. Como indicadores del contenido de células somáticas se usaron los valores originales del conteo de células o el logaritmo natural de éstos. Las correlaciones simples entre los promedios por lactancia del logaritmo de células somáticas y los índices de producción de leche diaria y en 305 días fueron bajos, pero significativos ($P < 0.01$), -0.04 y -0.03, respectivamente. El coeficiente de regresión parcial entre el promedio logarítmico del contenido de células somáticas en la lactancia y la producción de leche también fue significativo ($P < 0.01$). El modelo de regresión utilizado corrigió para los efectos de hato, raza, año del parto y mes del parto anidado dentro de año, edad al parto en meses, número de días horro, número de días del parto a la preñez y número de días en producción. Se encontró una reducción promedio de 93 ± 10 kg de leche en 305 días por cada aumento de una unidad en el promedio del logaritmo natural de células somáticas en la leche de la lactancia. Los resultados sugieren una pérdida en producción de leche mayor por unidad de aumento en el logaritmo natural promedio a contajes bajos que a contajes altos de células somáticas. La amplitud de variación del contenido de células somáticas en muestreos individuales durante la lactancia no afectó significativamente la producción de leche en 305 días.

ABSTRACT

Milk production and somatic cell count in complete lactations in dairy herds in Puerto Rico

Information from 186 herds enrolled in the Puerto Rico Dairy Herd Improvement Program (PRDHIP) was analyzed to evaluate the effect of milk so-

¹Manuscrito sometido a la junta editorial el 2 de abril de 1996.

²Especialista en Ganado Lechero. Servicio de Extensión Agrícola. P.O. Box 21120, San Juan, Puerto Rico 00928.

³Catedrático. Departamento de Industrias Pecuarias.

⁴Nutricionista animal. Departamento de Industrias Pecuarias.

⁵Catedrática Ad Honorem. Departamento de Agronomía y Suelos.

⁶Catedrático (retirado). Departamento de Industrias Pecuarias.

matic cell count on milk production in complete lactations. The data set used consisted of 9,507 lactations from June 1981 to August 1983. The average somatic cell count over the whole lactation was used either as the original count or as the average of the natural logarithm thereof. Simple correlation coefficients between average logarithm somatic cell counts and daily and 305 days' milk production indexes within lactation were low but significant ($P < 0.01$), -0.04 and -0.03, respectively. The partial regression coefficient for the average logarithm of the somatic cell count on milk yield was highly significant ($P < 0.01$). The regression model included as independent variables the effects of herds, breed of cow, year of calving, month of calving nested within year, number of days dry, number of days open and number of days in milk. Decrease of 93 ± 10 kg of milk per lactation was found with each unit increase in the average natural logarithm of the somatic cell counts. This result suggests a higher loss in milk production per unit increase in the average natural logarithm at lower cell counts. The variability of the somatic cell counts within lactation did not significantly affect the milk production in 305 days.

Key words: milk production, somatic cell counts, mastitis

INTRODUCCION

La industria lechera es la primera empresa agrícola de Puerto Rico en términos de su aportación económica y de su relevancia para la salud de nuestro pueblo. A pesar de su gran aportación a la economía local, esta industria enfrenta una serie de problemas, entre éstos las enfermedades de los animales, principalmente mastitis. La mastitis es reconocida mundialmente como una de las enfermedades más comunes del ganado lechero (Parker, 1976).

Las pérdidas económicas causadas por la mastitis se han estimado entre \$90.00 y \$150.00 por vaca al año (Blosser, 1979). Estas cifras incluyen pérdidas por concepto de reducción en producción de leche, leche descartada, costos de medicamentos, servicios veterinarios, aumentos en mano de obra para el manejo de vacas mastíticas, necesidad de un mayor número de reemplazos, atraso en el progreso del mejoramiento genético y otros (Blosser, 1979). De éstos, la reducción en producción de leche es el factor individual más importante y al cual se le atribuye un 60% de las pérdidas ocasionadas por la enfermedad.

Bajo condiciones semitropicales Philpot (1967) observó reducciones progresivas en producción de leche en cuartos individuales de 2.8, 11.4, 25.6 y 45.5% correspondientes a niveles de reacciones en la prueba "California Mastitis Test" (CMT) de trazas, 1, 2 y 3, respectivamente. Frank y Pouden (1963) y Gray y Schalm (1962) en estudios realizados en áreas templadas determinaron mermas en las producciones de leche de 5, 11, 16, y 25% para las citadas reacciones progresivas a la prueba de CMT comparadas con reacciones negativas. Raubertas y Shook (1982) encontraron reducciones en producción de leche asociadas con aumentos de una unidad en el logaritmo natural de la concentración de células somáticas de 135 y 270 kg de leche por vaca por año en la pri-

mera y segunda lactancia, respectivamente. La relación entre estas variables fue lineal debido a la transformación logarítmica, pero la pérdida en producción de leche por unidad de aumento en el contenido de células somáticas fue mayor cuando los contajes fueron bajos.

Waite y Blackburn (1957) observaron reducciones de 3, 4 y 10% para contajes de células somáticas de 100,000; 200,000 y 300,000, respectivamente, al compararlos con contajes de 50,000 células somáticas/ml. Jones et al. (1981), informaron disminuciones desde 2.72 a 4.09 kg de leche diarios con aumentos correspondientes de 200,000 a 900,000 células/ml. Clabaugh et al. (1981) encontraron que vacas con contajes iguales a o menores de 50,000 células somáticas/ml produjeron 2.09 y 2.95 kg de leche diarios más, que vacas con contajes de 200,000 y 390,000 células somáticas/ml, respectivamente. Ward y Schultz (1972) estudiaron lactancias de 225 vacas mediante análisis de regresión para cuantificar la relación entre producción de leche y el contenido de células somáticas en la misma. La producción de leche por cuarto se redujo de 15 a 27% cuando el contaje de células somáticas/ml de leche aumentó de 2 a 4 millones.

En Puerto Rico los trabajos realizados en torno a la mastitis han enfatizado la identificación de los organismos patógenos causantes de la misma, así como pruebas de sensibilidad de éstos a diferentes antibióticos (Rivera-Anaya y Berrocal, 1962; Sánchez, 1979; Trinidad, 1984). No existe información publicada sobre el efecto de la mastitis en la producción de leche de las vacas locales. El objetivo principal de este estudio fue determinar la relación cuantitativa que existe, bajo las condiciones de Puerto Rico, entre el contenido de células somáticas en la leche y la producción de leche en lactancias completas.

MATERIALES Y METODOS

Los datos utilizados para el estudio fueron obtenidos del Programa de Mejoramiento de Hatos Lecheros de Puerto Rico (PR-DHIP). Se incluyó información de tres años (julio de 1981 a junio de 1983) de las 186 vaquerías acogidas al programa para el período antes mencionado. La información incluida es la misma que aparece en la Forma DHI-203, que reciben los ganaderos acogidos al DHIP. Esta se obtuvo grabada en cinta magnética desde el Centro de Cómputos de la Universidad de Carolina del Norte donde son procesados los récords de Puerto Rico.

Los datos originales contenían 51,452 lactancias. De éstas se eliminaron aquellas con menos de 240 días de duración; menos de 7 observaciones para células somáticas; y las de vacas menores de 24 meses de edad al parto. El conjunto de datos así redefinido incluyó un total de 12,040 observaciones distribuidas en 186 hatos. De éstos, sólo 9,507

lactancias tenían celdas completas y fueron las utilizadas en los modelos de regresión. La distribución de éstas por el año y mes en que se iniciaron aparecen en el Cuadro 1.

El año mejor representado en términos del número de observaciones totales fue el 1982 (51% del total) mientras que el 1981 tuvo solamente 122 observaciones (0.1% del total). Después del 1981 hubo un gran aumento en el número de vaquerías y de vacas acogidas al DHIP y también de la fracción de ellas que se acogieron a la opción de recibir los datos mensuales de células somáticas y producción de leche en la hoja DHI-203. Además, en 1983 hubo una reducción en los datos correspondientes a vacas que iniciaron lactancias en el año debido a que al momento de resumir la información había lactancias completas sólo para vacas que parieron por última vez aproximadamente seis meses antes.

Para estudiar la relación entre el contenido de células somáticas en la leche y la producción de leche se usó el siguiente modelo de regresión (Steel y Torrie, 1961).

$$Y_{ijklm} = \bar{X} + H_i + A_j + M_{k(j)} + R_1 + B_1(P_{ijklm}) + B_2(D_{ijklm}) + B_3(H_{ijklm}) + B_4(L_{ijklm}) + B_5(C_{ijklm}) + B_6(V_{ijklm}) + E_{ijklm}$$

donde:

Y_{ijklm}	producción de leche total en 305 días
\bar{X}	promedio general
H_i	efecto del hato
A_j	efecto del año del parto
$M_{k(j)}$	efecto del mes de parto anidado dentro del año
R_1	efecto de la raza de la vaca
P_{ijklm}	edad de la vaca al parto en meses
D_{ijklm}	días del parto a la preñez
H_{ijklm}	número de días horro
L_{ijklm}	largo de la lactancia en días
C_{ijklm}	promedio del contenido de células somáticas o del logaritmo natural de células somáticas
V_{ijklm}	variabilidad del contenido de células somáticas o del logaritmo natural de células somáticas dentro de una lactancia. Es la desviación absoluta del contenido de células somáticas respecto a su promedio. Esta variable se incluyó bajo la premisa de que entre dos vacas con un mismo promedio de células somáticas, la vaca con mayor variación habrá presentado contajes más altos en un momento dado, que la vaca con menor variación. El alto contaje podría corresponder a un episodio de mastitis que, a su vez podría ocasionar una acentuada reducción en la producción de leche a lo largo de la lactancia (Raubertas y Shook, 1982).

B_1 a B_6 coeficientes de regresión parcial
 E_{ijklm} error distribuido normal e independiente con promedio = 0 y
 variancia = σ_e^2

Los análisis de correlación simple fueron realizados utilizando el procedimiento "General Lineal Models" de SAS (SAS Institute, 1979).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los promedios y desviación estándar para características de producción de leche, reproducción y células somáticas aparecen en el Cuadro 2. El promedio de producción diaria de leche fue 15.7 ± 3.6 kg con una fluctuación de 5.0 a 33.0 kg, mientras la producción en lactancias de 305 días fue de 4,689 kg. Estos valores concuerdan con los informados por Camoens et al. (1976) en un estudio anterior con datos del DHIP en Puerto Rico. La similitud entre los promedios de producción observados en aquel estudio y en el trabajo presente indican que la producción de leche de los hatos acogidos al DHIP no ha variado mucho desde entonces y que este conjunto de datos es representativo de la población de vacas lecheras acogidas al DHIP en Puerto Rico para principios de la década del 80. Estos promedios en cambio son más bajos que los informados por Jones et al. (1984) y Raubertas y Shook (1982), de 7,700 y 7,082 kg de leche por lactancias, respectivamente, en sus es-

CUADRO 1.—*Distribución de las lactancias por año y mes en que se iniciaron*¹.

Mes	Observaciones			
	1981	1982	1983	Total
Enero	0	40	1,245	1,294
Febrero	0	52	947	999
Marzo	0	121	829	950
Abril	0	142	348	490
Mayo	0	223	117	340
Junio	6	282	44	332
Julio	6	372	1	379
Agosto	7	554	9	561
Septiembre	17	732	0	749
Octubre	26	987	0	1,013
Noviembre	33	1,140	0	1,173
Diciembre	27	1,200	0	1,227
Total	122	5,845	3,540	9,507

¹Este estudio se realizó con lactancias que se iniciaron entre junio de 1981 y agosto de 1983.

CUADRO 2.—Promedio y error estándar de las características de producción de leche, estado reproductivo y células somáticas¹.

Variable	Promedio ±	S _x
Promedio producción de leche/vaca/día (kg)	15.7	n 3.6
Promedio producción de leche en 305 días (kg)	4,689.2	1,195.0
Edad al parto en meses	64.2	26.4
Número de días abierto	239.6	124.5
Número de días en producción	297.0	70.5
Número de días horro	87.7	92.2
Promedio de células somáticas (10 ⁶)/ml	839.0	708.0
Promedio del logaritmo natural de células somáticas	13.3	1.1

¹Se refiere al conjunto de datos utilizado en el modelo de regresión.

tudios sobre la relación entre el contenido de células somáticas y la producción de leche en Estados Unidos. Estas diferencias en los niveles de producción sugieren que los resultados de las investigaciones con ganado lechero en Estados Unidos no necesariamente son aplicables a la población de ganado lechero en Puerto Rico. El promedio del logaritmo natural de células somáticas mostró un valor de 13.3, el cual es marcadamente más alto que los valores observados en áreas templadas (Jones et al., 1976; Meijering et al., 1984; Raubertas y Shook, 1982).

En general, los valores de correlación simple obtenidos entre los parámetros productivos y los reproductivos fueron bajos, exceptuando aquellas entre la edad al parto y los rendimientos de leche diarios y en lactancias de 305 días, que fueron de 0.30 y 0.31 ($P < 0.01$), respectivamente (Cuadro 3). Estas correlaciones son similares a las reportadas previamente en Puerto Rico (Camoens et al., 1976) y en áreas templadas (Erb et al., 1979; Laben et al., 1982; Lush, 1950). La producción de leche de las vacas aumenta con la edad.

Las correlaciones negativas entre el promedio del logaritmo natural de células somáticas en la lactancia (variable 6) y la producción de leche diaria (variable 1) y en lactancias de 305 días (variable 2) de -0.04 y -0.03, respectivamente, aunque bajas, fueron significativas ($P < 0.01$) (Cuadro 3), lo que indica que a medida que aumentó el nivel de células somáticas en la leche se redujo la producción total de leche de la lactancia. Este hallazgo concuerda con los resultados de Manfredi et al. (1984) en zonas templadas. La asociación positiva ($r = 0.13$; $P < 0.01$) entre el promedio logarítmico de células somáticas en la leche y la edad al parto (variable 8) confirma lo informado en la literatura (Bodoh et al., 1976; Oliver et al., 1956) de que los niveles de células somáticas en la leche tienden a aumentar a medida que las vacas envejecen.

CUADRO 3.—*Coefficientes de correlación simple para las variables incluidas en el estudio¹.*

Variabes ²	2	3	4	5	6	7	8
1	0.99**	0.05**	0.00	0.19**	-0.04**	-0.02**	0.30**
2		0.04**	0.00	0.19**	-0.03**	-0.01	0.31**
3			0.05**	0.02	-0.04**	0.00	0.00
4				0.00	0.00	0.00	0.00
5					-0.03**	0.01	0.29**
6						0.33**	0.13**
7							0.01

¹Corregido para los efectos de hato, raza de vaca, año del parto y mes del parto anidado dentro del año.

² 1 Promedio de producción de leche/vaca/día (kg).

2 Promedio producción de leche total en 305 días (kg).

3 Número de días abierto.

4 Número de días en producción.

5 Número de días horro.

6 Promedio del logaritmo natural de células somáticas.

7 Variación del logaritmo de células somáticas por lactación.

8 Edad al parto en meses.

**P < 0.01.

Se determinó la relación entre la producción de leche y su contenido de células somáticas usando un modelo de regresión múltiple, donde se incluyó la producción de leche en 305 días como variable dependiente; y el hato, raza de la vaca, año del parto, mes del parto anidado dentro de año, edad al parto en meses, número de días del parto a la preñez, número de días en producción, número de días horro, logaritmo natural del contenido de células somáticas por lactancia y variación del contenido de células somáticas dentro de la lactancia como variables independientes (Cuadro 4). Exceptuando el efecto de la raza de la vaca, el año del parto y la variación del contenido de células somáticas durante la lactancia, las otras variables independientes incluidas contribuyeron significativamente a la variación que se observó en la producción de leche por lactancia (Cuadro 4). Estos resultados concuerdan con los de Raubertas y Shook (1982) en su estudio con hatos lecheros de Wisconsin.

Debido a que la variación del contenido de células somáticas dentro de la lactancia fue una variable creada con los valores originales de células somáticas, que no aportó significativamente al modelo de regresión, se analizó un modelo reducido sin esta variable (Cuadro 4). Ambos modelos explicaron el 53% de la variación que se observó en la variable dependiente. Los valores originales del contenido de células

CUADRO 4.—Análisis de variancia para producción de leche en 305 días.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios	
		Modelo completo	Modelo reducido
Hato	185	118,463,020**	118,038,878**
Raza	1	3,775,215	3,765,541
Año del parto	2	2,501,984	2,495,528
Mes del parto anidado dentro del año	23	11,164,364**	11,273,608**
Edad del parto en meses	1	1,773,795,456**	2,787,516,731**
Número de días abierto	1	33,289,346**	33,263,632**
Número de días en producción	1	4,767,394,147**	4,972,179,393**
Número de días horro	1	323,372,045**	323,372,653**
Logaritmo natural promedio de células somáticas	1	321,190,245**	436,473,309**
Variación del logaritmo natural de células somáticas	1	30,613	—
Error	9,208	3,353,975	3,353,615

**P < 0.01.

somáticas se transformaron a logaritmo natural con el propósito de linealizar su relación con la producción de leche (Raubertas y Shook, 1982) y de atenuar el efecto de la distribución sesgada de los valores individuales de células somáticas (Ali y Shook, 1979). La variación en la producción de leche en 305 días que se debió al logaritmo natural de células somáticas fue relativamente menor que la que se debió a otras variables independientes incluidas en el modelo, sin embargo, fue altamente significativa ($P < 0.01$) (Cuadro 4) aún cuando la correlación simple entre estas dos variables fue baja (Cuadro 3). Esto indica que hay otras variables que afectan, tanto la producción de leche como su contenido de células somáticas y cuyos efectos se pueden corregir mediante el uso de un modelo de regresión múltiple. Por lo tanto, una correlación simple entre células somáticas y producción de leche no parece ser un análisis lo suficientemente sensitivo para detectar la asociación que existe entre estas dos variables.

El Cuadro 5 presenta los coeficientes de regresión parciales para las variables continuas incluidas en los modelos de regresión ensayados, los cuales expresan el cambio respectivo de la producción de leche en 305 días por unidad de aumento en cada variable independiente, siendo constante el nivel de las demás variables incluidas en el modelo. Estos estimados se consideran parcialmente libres de los efectos de diferentes prácticas de manejo entre hatos, ya que éstos forman parte del modelo de regresión.

CUADRO 5.—*Coefficiente de regresión parcial de la producción de leche en 305 días para las variables continuas incluidas en los modelos de regresión¹.*

Variables	Modelo completo	Modelo reducido
	kg de leche/unidad variable independiente	kg de leche/unidad variable independiente
Edad al parto en meses	10.5 ± (0.3)**	10.5 ± (0.3)**
Días abierto	0.3 ± (0.1)**	0.3 ± (0.1)**
Días en producción	23.6 ± (0.6)**	23.6 ± (0.6)**
Días horro	1.0 ± (0.1)**	1.0 ± (0.1)**
Logaritmo promedio de células somáticas	-93.9 ± (9.6)**	-93.4 ± (8.2)**
Variación del promedio de células somáticas ²	1.1 ± (17.1)**	—

¹Los valores numéricos entre paréntesis corresponden al error estándar de cada coeficiente de regresión.

²Variabilidad del contenido de células somáticas dentro de la lactancia.

**P < 0.01

Según los resultados de ambos modelos, la producción de leche en 305 días aumentó en 10.5 kg por cada mes adicional de edad de la vaca al parto (Cuadro 5). El largo de la lactancia también tuvo el efecto lógico de aumentar la producción de leche en 305 días en 23.6 kg por cada día adicional que ésta se extendió (Cuadro 5). Este coeficiente está, en cierta medida, inflado por el hecho de que en este caso las lactancias fueron truncadas a los 305 días. Por otro lado, la producción de leche en la lactancia aumentó en 1.0 kg por cada día adicional que permanecieron las vacas en el periodo horro previo. Este valor está de acuerdo con los resultados de otros estudios realizados en Puerto Rico (Camoens et al., 1976). El número de días del parto a la preñez, que tuvo una correlación simple baja con la producción de leche en 305 días ($r = 0.04$, Cuadro 3), presentó un coeficiente de regresión parcial positivamente significativo ($P < 0.01$) de 0.26 kg sobre la producción de leche por lactancia. En el estudio presente el promedio de días del parto a la preñez fue de 239. Esta tendencia está de acuerdo con otros estudios en la literatura (Camoens et al., 1976; Laben et al., 1982; Schaeffer y Henderson, 1972).

Según el modelo reducido, por cada aumento de una unidad en el logaritmo natural de células somáticas la producción de leche en 305 días se redujo en 93 kg (Cuadro 5). El promedio aritmético de un conjunto de logaritmos es equivalente al promedio geométrico de los valores originales en la serie de ese conjunto, por ende, una unidad de aumento en el promedio aritmético del logaritmo de células somáticas equivale a

aumentar 2.7 (la base del logaritmo natural) veces el promedio geométrico. Para obtener una ilustración gráfica de esta relación se predijo la producción de leche para cada una de las 9,507 lactancias estudiadas mediante el modelo de regresión múltiple reducido (Cuadro 4) y luego se agruparon en clases de acuerdo al promedio del logaritmo natural de células somáticas (Figura 1). Los resultados indican una mayor pérdida en producción de leche a contajes bajos que a contajes altos de células somáticas.

Se probó un modelo que incorporó los términos cuadrático y lineal para el contaje promedio de células somáticas sin la transformación logarítmica. En este caso, ni el término cuadrático ni el lineal tuvieron efectos significativos (Cuadro 6). Jones et al. (1984) tuvieron resultados similares con vacas cuyo nivel de producción anual rotativo fue menor de 7,700 kg de leche. En cambio, Raubertas y Shook (1982) encontraron que tanto el término cuadrático como el cúbico del contenido de células somáticas, tuvieron efectos significativos cuando se incluyeron en el modelo de regresión con producción de leche en 305 días como variable dependiente. La producción de leche en 305 días exhibió una relación curvilínea con el contenido de células somáticas la cual fue más marcada a niveles bajos que a niveles altos de células somáticas. En el

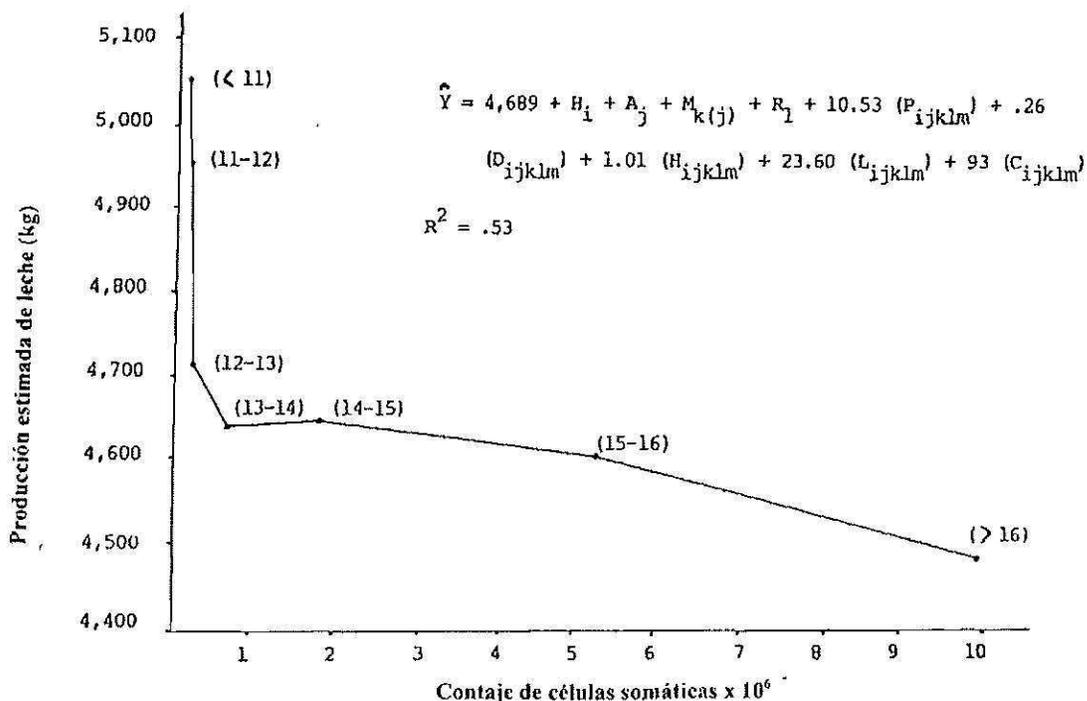


FIGURA 1. Predicción de la producción de leche en lactancias de 305 días de acuerdo al promedio geométrico del contaje de células somáticas de la lactancia. Los valores entre paréntesis representan el intervalo correspondiente de valores del logaritmo natural de células somáticas de la lactancia.

CUADRO 6.—Análisis de variancia para producción de leche en 305 días, incluyendo el término cuadrático de los valores originales del contenido de células somáticas.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios	
		Modelo completo	Modelo reducido
Hato	185	11,718,090**	11,724,725**
Raza	1	3,580,631	4,602,412
Año del parto	2	103,640	1,610,954
Mes del parto anidado dentro del año	23	1,159,140**	1,206,731**
Edad del parto en meses	1	2,744,214,401**	2,794,751,380**
Número de días abierto	1	73,423,930**	66,208,065**
Número de días en producción	1	4,695,367,579**	5,258,441,632**
Número de días horro	1	329,463,687**	336,236,884**
Promedio contaje de células somáticas	1	2,495,042	317,171,114**
Promedio contaje de células somáticas al cuadrado	1	2,988,878	—
Error	9,208	3,365,434	3,373,323

**P < 0.01

estudio presente, el contenido de células somáticas (13.3) fue más del doble que en el caso de los citados investigadores (5.07). Posiblemente por esta razón se detectó una mayor linealidad entre producción de leche y células somáticas, no siendo significativo el término cuadrático en este estudio.

El coeficiente de regresión parcial del logaritmo promedio de células somáticas sobre la producción de leche en 305 días (Cuadro 5) representa alrededor de un 2% de la producción promedio de 4,689 kg (Cuadro 2). Este valor no es muy diferente del 3% de pérdidas por cada aumento unitario en el logaritmo natural reportado por Raubertas y Shook (1982) con vacas lecheras en Wisconsin, pero es considerablemente más bajo que lo informado por otros investigadores (Dobbins, 1977; Jansen, 1970; Jones et al., 1981). Estas comparaciones sugieren que el efecto de la mastitis es mayor en vacas de alta producción que en las de baja producción. El alto promedio del logaritmo de células somáticas en el estudio presente (Cuadro 2) en relación con lo observado en áreas templadas (Jones et al., 1984; Meijering et al., 1978; Raubertas y Shook, 1982) indica que si aplicamos los estimados hechos en otros países podríamos subestimar el efecto del nivel de células somáticas sobre la producción de leche en Puerto Rico, toda vez que la relación entre es-

tas variables no es lineal y la pérdida es mayor a contajes bajos que a contajes más elevados (Raubertas y Shook, 1982).

CONCLUSIONES

Las correlaciones simples entre la producción de leche y el contenido de células somáticas (índice de mastitis) fueron bajas. Sin embargo, cuando se aplicó un modelo de regresión múltiple en el que los efectos de otras variables ambientales se tomaron en cuenta, se encontró que una porción significativa de la variación en la producción de leche está asociada con la variación en su contenido de células somáticas. De acuerdo a dicho modelo, la producción de leche en 305 días se redujo en 93 kg por cada aumento unitario en el promedio del logaritmo natural del contenido de células somáticas a través de la lactancia. Esta relación logarítmica indica que hay una mayor reducción en producción de leche con aumentos en el contenido de células somáticas a contajes bajos que a contajes altos de éstas. La inclusión de un criterio de amplitud de variación de los valores individuales de células somáticas dentro de la lactancia en el modelo de regresión múltiple, no afectó la producción total de leche.

LITERATURA CITADA

- Ali, A. K. A. and G. E. Shook, 1979. An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. *J. Dairy Sci.* 63:487.
- Blosser, T. H., 1979. Economic losses from and the National Research Program on mastitis in the United States. *J. Dairy Sci.* 62:199.
- Bodoh, G. W., W. J. Battista and L. H. Schultz, 1976. Variation in somatic cell counts in dairy herd improvement samples. *J. Dairy Sci.* 59:1119.
- Camoens, J. K., R. E. McDowell, L. D. Van Vleck and J. D. Rivera-Anaya, 1976. Holsteins in Puerto Rico: II. Influence of lactation length, days dry, days open and calving interval on production traits. *J. Agric. Univ. P.R.* 60:846.
- Clabaugh, G. A., G. M. Jones, R. E. Pearson, C. W. Heald and W. E. Vinson, 1981. The effect of DHI somatic cell counts upon milk production. Paper presented at the annual meeting of the A.D.S.A., L.S.U., Baton Rouge, La.
- Dobbins, C. N. 1977. Mastitis losses. *J. Amer. Vet. Medical Ass.* 170:1129.
- Erb, H. N., S. W. Martin and S. Swaminathon, 1979. Interrelationships between production and reproductive diseases in Holstein cows. Conditional relationships between production and disease. *J. Dairy Sci.* 63:272.
- Frank, N. A. and W. D. Pouden, 1963. Mastitis test for bulk tank milk and quarter samples for the same dairy herds. *J. Amer. Vet. Medical Ass.* 142:1390.
- Gray, D. M. and O. W. Schalm, 1962. The mastitis variable in milk yield as estimated by the California Mastitis Test. *Am. J. Vet. Res.* 23:541.
- Jansen, J. J., 1970. Economic losses resulting from mastitis: A review. *J. Dairy Sci.* 53:1151.
- Jones, G. M., R. E. Pearson, G. A. Clabaugh and C. W. Heald, 1984. Relationships between somatic cell counts and milk production. *J. Dairy Sci.* 67:1623.
- Jones, G. M., C. W. Heald, R. E. Pearson and W. E. Vinson, 1981. National Mastitis Council, Udder topics. 4(3) July, 1981.

- Laben, R. L., S. Roger, P. J. Berger and A. E. Freeman, 1982. Factors affecting milk yield and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 65:1004.
- Lush, J. L., 1950. Inheritance of susceptibility to mastitis. *J. Dairy Sci.* 33:121.
- Manfredi, E. J., R. W. Everett and S. R. Searle, 1984. Phenotypic and genetic statistics of components of milk and two measures of somatic cell concentration. *J. Dairy Sci.* 67:2028.
- Meijering, A., F. H. J. Joarstveld, M. W. A. Versteegen and M. J. M. Tielen, 1978. The cell count of milk in relation to yield. *J. Dairy Sci.* 45:5.
- Oliver, J., F. H. Dodd, F. D. Neave and G. L. Bailey, 1956. Variation in the incidence of udder infection and mastitis with stage in lactation, age, and season of the year. *J. Dairy Sci.* 23:181.
- Parker, W. H., 1976. Health and Diseases in Farm Animals. 2nd. Edition. Pergamon International Library, Oxford, N.Y.
- Philpot, W. N., 1967. Influence of subclinical mastitis on milk production and milk composition. *J. Dairy Sci.* 50:978. (Abstr.)
- Raubertas, R. F. and G. E. Shook, 1982. Relationship between lactation measures of somatic cell concentration and milk yield. *J. Dairy Sci.* 65:419.
- Rivera-Anaya, J. D. y C. M. Berrocal, 1962. La mastitis de los hatos lecheros de Puerto Rico. Univ. P.R., Est. Exp. Agríc., Bol. 60.
- Sánchez-Carlo, V., 1979. Identification of microorganism isolated from clinical cases of mastitis and their in vitro susceptibility to some antibiotics. M.S. Thesis. Univ. P.R. Mayagüez Campus.
- SAS Institute, 1982. SAS/STAT Users Guide, version 82.4. SAS Inst., Inc. Cary, NC.
- Schaeffer, L. R. and C. R. Henderson, 1972. Effect of days dry and days open on Holstein milk production. *J. Dairy Sci.* 55:107.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie, 1961. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Company, Inc. N.Y.
- Trinidad-Rodríguez, P., 1984. Incidencia de mastitis, aislación e identificación de especies de streptococcus causantes de mastitis y determinación in vitro de sus susceptibilidades a algunos antibióticos en vaquerías de primera clase de la región oeste de Puerto Rico. Tesis de Maestría. Univ. de P.R., Recinto de Mayagüez.
- Waite, R. and P. S. Blackburn, 1957. The chemical composition and the cell count in milk. *J. Dairy Sci.* 24:328.
- Ward, G. E. and L. H. Schultz, 1972. Relationship of somatic cells in quarter milk to type of bacteria and production. *J. Dairy Sci.* 55:1428.