

RELACION ENTRE RECUENTO DE CELULAS SOMATICAS Y CARACTERISTICAS DE LA CURVA DE LACTANCIA EN VACAS LECHERAS¹

Relationship between somatic cells and lactation curve characteristics in dairy cows

Carlos Pedraza G.², Hernán Agüero E.³, Marcela Gómez C.⁴, Hugo Flores P.², Alberto Mansilla M.⁵ y Paola Fajardo R.²

S U M M A R Y

A two-year study was carried out at five dairy farms, to test the effect of the increase of somatic cells in milk production. The gamma function recommended by Wood (1967) for the lactation curve was used on records having different levels of sublinic mastitis. In order to classify the mastitis, seven levels were determined from $R_1 = < 100,000$ cel./ml through $R_7 = > 5,000,000$ cel./ml.

The fitted values for lactation curves, in heifers expressed as determination coefficients from R_1 to R_6 were follows: 0.91, 0.74, 0.74, 0.51, 0.31 and 0.52, respectively ($P \leq 0.0001$). The values in cows were the following: from R_1 to R_7 0.97, 0.92, 0.94, 0.93, 0.89, 0.90, and 0.71 ($P \leq 0.0001$), respectively.

In both groups of animals, the inicial, maximum and to the 305th day productions tended to decrease with the increase of cellular recount, clearly confirming inferior values for the more elevated ranks of recounts.

The lactation production per animals of a first birth were: $R_1 = 6,220$ a; $R_2 = 6,032$ b; $R_3 = 5,946$ b; $R_4 = 5,786$ e; $R_5 = 5,633$ d; $R_6 = 5,124$ e, and $R_7 = 4,385$ f ($P \leq 0.01$).

The values of cows with two or more births reached as follows: $R_1 = 5,451$ a; $R_2 = 5,340$ b; $R_3 = 5,050$ d; $R_4 = 5,255$ c; $R_5 = 4,795$ e, and $R_6 = 4,305$ f ($P \leq 0.01$).

According to this, the extreme losses reach 21 and 29% of the total production of animals of first and second lactations, obtaining statistical significance starting with recounts included between 100,000-200,000 cel./ml and 100,000-500,000 cel./ml, respectively.

It was concluded that gamma function is an excellent analytic tool to determine the effects of subclinical mastitis on milk production.

Key words: lactation curve, subclinical mastitis, somatic cell, milk yield, cows.

INTRODUCCION

El efecto depresor de la mastitis subclínica sobre la producción de leche ha sido evaluado por diferentes investigadores mediante la técnica de

comparación de cuartos opuestos enfermos y sanos en un mismo animal. Forster, Ashworth y Luedecke (1967) comprobaron descensos en el rendimiento diario de 0,42; 0,95; 1,72 y 2,33 kg, para los cuartos reaccionantes a los grados T, 1, 2 y 3 del Test de California (CMT), respectivamente. Expresados porcentualmente, dichos valores significan reducciones de 9,0; 19,5; 31,8 y 43,4% en la producción diaria de leche. Análogamente, Philpot (1967) determinó pérdidas en el rendimiento lácteo por cuartos de 2,8; 11,4; 25,6 y 45,5%, para los mismos grados de reacción al CMT.

Actualmente se ha podido constatar un efecto compensatorio en producción de los cuartos sanos, por lo tanto, ha sido necesario evaluar la producción

¹Recepción de originales: 20 de enero de 1994.

Los autores agradecen la valiosa colaboración de todo el personal del Programa de Leche del INIA, incluyendo a profesionales, técnicos, administrativos y operarios, sin el apoyo de los cuales, este trabajo no podría haberse realizado.

²Centro Regional de Investigación La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

³Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Univ. de Chile, Casilla 2, Correo 15, Santiago, Chile.

⁴Actividad privada.

⁵Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Univ. de Chile, Casilla 1004, Santiago, Chile.

conjunta de los cuatro cuartos de una vaca, para determinar si existe un efecto similar.

El desarrollo del recuento celular electrónico y su aplicación creciente, en muestras compuestas individuales tomadas por los servicios de control lechero, tales como el DHIA (Estados Unidos), DHAS (Canadá), y otros, ha logrado un avance considerable en el diagnóstico, manejo e investigación de la mastitis. Así, utilizando bases de datos obtenidas a partir del control masivo de vacas y rebaños lecheros, se han efectuado diversos estudios que demuestran claramente la existencia de una relación inversa entre concentración de células somáticas y producción de leche, aunque las pérdidas tienden a ser menores en comparación a las determinadas para cuartos mamarios, debido a un simple efecto de dilución (Raubertas y Shook, 1982; Batra, 1986). Esta relación se ha descrito tanto para producción diaria de leche (Miller y otros, 1983; Dohoo, Meek y Martin, 1984; Jones y otros, 1984; Ng-Kwai-Hang y otros, 1984; Salsberg, Meek y Martin, 1984; Batra, 1986; Tyler, Thurmond y Lasslo, 1989), como para producción por lactancia (Raubertas y Shook, 1982; Salsberg, Meek y Martin, 1984; Serieys, 1985; Batra, 1986; Youl y Nicholls, 1987).

Según Tyler, Thurmond y Lasslo (1989), dichos trabajos han contribuido a mejorar el conocimiento de la relación entre recuento de células somáticas y producción de leche, utilizando modelos que se han hecho progresivamente más complejos, con el fin de optimizar la descripción matemática de las pérdidas en producción a través del amplio rango de recuentos celulares observados. Al respecto, cabe destacar la introducción de la transformación logarítmica de los recuentos celulares (Ali y Shook, 1980), la incorporación de componentes cuadráticos y cúbicos en los análisis de regresión (Jones y otros, 1984) y, más recientemente, el empleo de modelos categóricos para evaluar esta relación (Tyler, Thurmond y Lasslo, 1989).

La evaluación de un modelo matemático que ajuste la producción diaria de leche a lo largo de la lactancia, de acuerdo a los niveles celulares correspondientes a los controles de producción, constituye el objetivo central del presente estudio. La función exponencial propuesta por Wood (1967) para el ajuste de la curva de lactancia, ha sido utilizada por Lucey y Rowlands (1984) y Pedraza (1991), con el fin de describir pérdidas en producción de leche en vacas que sufren mastitis clínica. Sin embargo, no hay información de este tipo para vacas afectadas por mastitis subclínica, lo cual limita el entendimiento de la relación entre el rendimiento lácteo y recuento celular, dado que la metodología propuesta no sólo permite estimar pérdidas en

producción por lactancia, sino también analizar el efecto de la mastitis subclínica sobre la curva de lactancia. Además, considerando lo expuesto por Tyler, Thurmond y Lasslo (1989), tendría la ventaja de obviar el sesgo que puede afectar las estimaciones basadas en el análisis de regresión de lactancias terminadas, dado que éstas excluyen los datos correspondientes a vacas eliminadas por mastitis y/o baja producción antes de completar una lactancia.

MATERIALES Y METODOS

El control sistemático de cinco rebaños lecheros que representan una masa de 1.200 vacas, realizado con una periodicidad mensual durante dos años consecutivos, constituye la base de información sobre la cual se efectuaron los cálculos.

La información recogida en cada oportunidad, por animal, fue la siguiente:

Producción diaria de leche. Determinada mensualmente a través de lectura directa del recipiente graduado.

Recuento de células somáticas. Establecido en una muestra compuesta proveniente de los cuatro cuartos de cada vaca y obtenida del recipiente graduado durante las ordeñas correspondientes al día del control de producción. La medición se realizó mediante un contador celular electrónico Fosomatic 90, calibrado por recuento celular microscópico directo (método de Prescott y Breed, 1910).

Contenido de materia grasa y sólidos totales. Se analizó en las mismas muestras anteriores, con el fin de estudiar el efecto de la mastitis subclínica sobre la composición de la leche.

Las determinaciones mencionadas se incorporaron en una base de datos, conjuntamente con los antecedentes del control lechero de rutina; es decir, individualización de los animales, fecha de control, edad, fecha y número ordinal de parto, fecha de secado, raza y predio.

Con el objeto de construir las curvas de lactancia de hembras de primero y segundo o más partos, se procedió a establecer siete rangos celulares, donde el Rango 1 (R_1) corresponde a cualquier animal que al momento del control presentó entre 1-100.000 cél./ml, independientemente del día de lactancia que cursaba. El mismo procedimiento se utilizó para estimar las curvas de lactancia de los demás rangos celulares, cuyos límites de recuento fueron: (R_2) 100.001 a 200.000 cél./ml, (R_3) 200.001 a 500.000 cél./ml, (R_4) 500.001 a

1.000.000 cél./ml, (R_5) 1.000.001 a 2.000.000 cél./ml, (R_6) 2.000.001 a 5.000.000 cél./ml y (R_7) > 5.000.000 cél./ml.

Cada valor de recuento celular fue ubicado de acuerdo al rango correspondiente en un eje de coordenadas,

donde:

y = producción diaria de leche observada.

x = día de lactancia en que se realizó el control, hasta un máximo de 305 días.

El conjunto de pares ordenados de cada rango, se ajustó a la función gamma propuesta por Wood (1967), para la curva de lactancia:

$$y(n) = an^b e^{-cn}$$

donde:

y(n) = producción de leche para un día n de la lactancia.

a, b y c = coeficientes que definen la curva de lactancia.

e = base del logaritmo natural.

La transformación logarítmica de la función adopta la siguiente forma:

$$\ln(y) = \ln a + b \ln(n) - cn$$

expresión operativa que lineariza los valores, permitiendo el uso de la regresión lineal múltiple para la obtención de los valores de a, b y c.

En el cálculo de la regresión lineal múltiple se utilizaron valores promediados por semana de lactancia, tal como lo proponen Wood (1967), Lucey y Rowlands (1984) y Goodall (1986).

A partir de esta misma expresión, se calculó el día de máxima producción, la producción máxima, la producción al día 305 de lactancia, y la producción total derivada de la integración de los puntos de cada curva. El índice de declinación se determinó de acuerdo a la expresión formulada por Pedraza y Rodríguez (1988).

Se establecieron comparaciones de las producciones totales, mediante el contraste de las curvas de ajuste, obtenidas a través de Prueba de t de Student, para los parámetros a, b y c de cada ecuación.

RESULTADOS Y DISCUSION

A partir de una base de aproximadamente 17.000 datos, se obtuvo los promedios aritmético de producción diaria de leche, materia grasa (%), sólidos

totales (%) y recuento de células somáticas (RCS), para las vaquillas y vacas utilizadas en el estudio (Cuadro 1). Ambos grupos de animales muestran similitud en lo referente a composición láctea y una diferencia natural, y esperable, en cuanto a nivel de producción diaria de leche. La diferencia más notable corresponde al RCS, donde el promedio de las vacas supera en un 85% al registrado en vaquillas; situación coincidente con la observada por Jones y otros (1984) y Batra (1986) a pesar que los valores promedios, encontrados por estos autores, son inferiores a los del presente estudio.

CUADRO 1. Valores promedio de producción de leche, materia grasa, sólidos totales y recuento de células somáticas en vaquillas y vacas

TABLE 1. Mean values of milk production, fat, total solids and somatic cells in heifers and cows

	Vacas	Vaquillas
Leche, L/día	17,51 b	19,68 a
Materia grasa, %	3,14 a	3,18 a
Recuento células somáticas, ml	362.901,00 b	671.731,00 a
Sólidos totales, %	11,75 a	11,73 a

Sobre una base de 12.976 observaciones.

Promedios con igual letra, en sentido horizontal, no difieren estadísticamente entre sí, según Prueba de t ($P > 0,05$).

La Figura 1 representa la evolución de la producción diaria de leche de animales de todas las lactancias, ordenadas de acuerdo a los rangos celulares planteados en el estudio, sin ninguna transformación o ajuste matemático. Se observa cómo, de manera natural, se genera una curva de respuesta en producción, coincidente con la forma de la curva que se obtiene mediante la función propuesta por Wood (1967). El tercer eje corresponde al recuento celular ordenado en seis rangos; la visión en profundidad permite apreciar un descenso en la producción para los rangos celulares más elevados.

Con el respaldo de estos antecedentes, que muestran una clara relación entre producción de leche y concentración de células somáticas, se aplicó el modelo de curva de lactancia propuesto por Wood (1967), para cada rango celular (figuras 2 y 3). No se detectaron vaquillas en el rango 7 (> 5.000.000 cél./ml), lo que refleja el menor nivel de recuento descrito para animales de primera lactancia (Cuadro 1). En cambio, para vacas de dos o más partos, la información permitió establecer dicho rango celular, lo cual denota estados sanitarios inferiores de la glándula mamaria, propias de animales adultos.

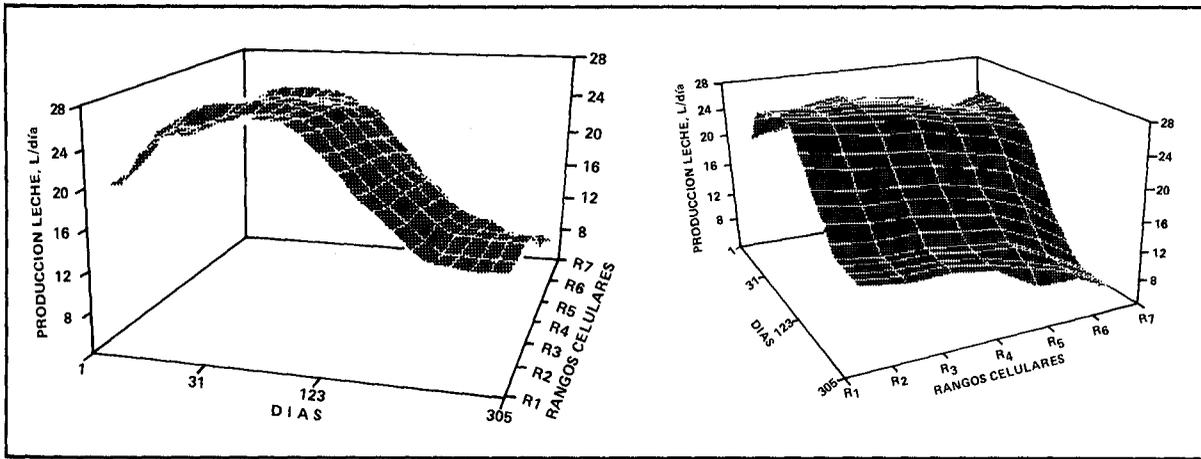


FIGURA 1. Curva de producción de leche constituida con valores reales y que incluye el recuento de células somáticas.

FIGURE 1. Milk curve built with observed points, including the somatic cells count.

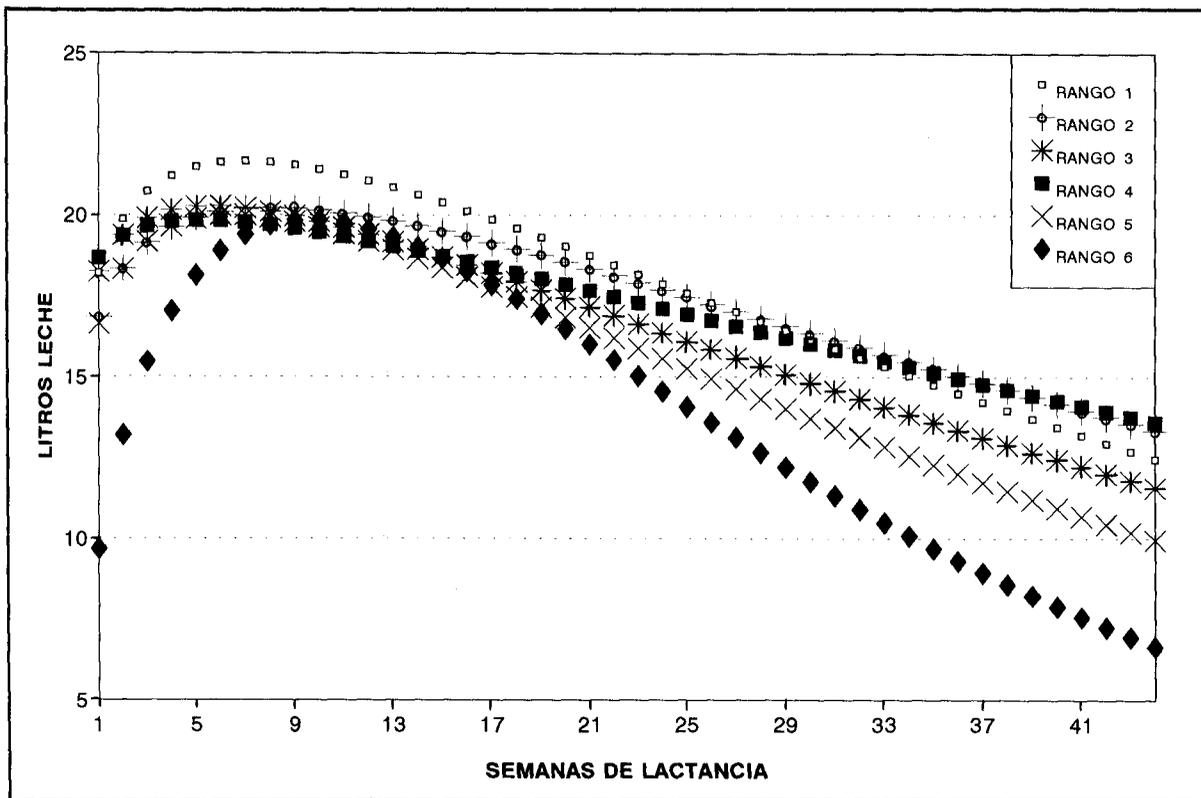


FIGURA 2. Ajuste de la curva de Wood en vaquillas según el nivel de células somáticas.

FIGURE 2. Wood's curve adjustment of heifers according to somatic cells level.

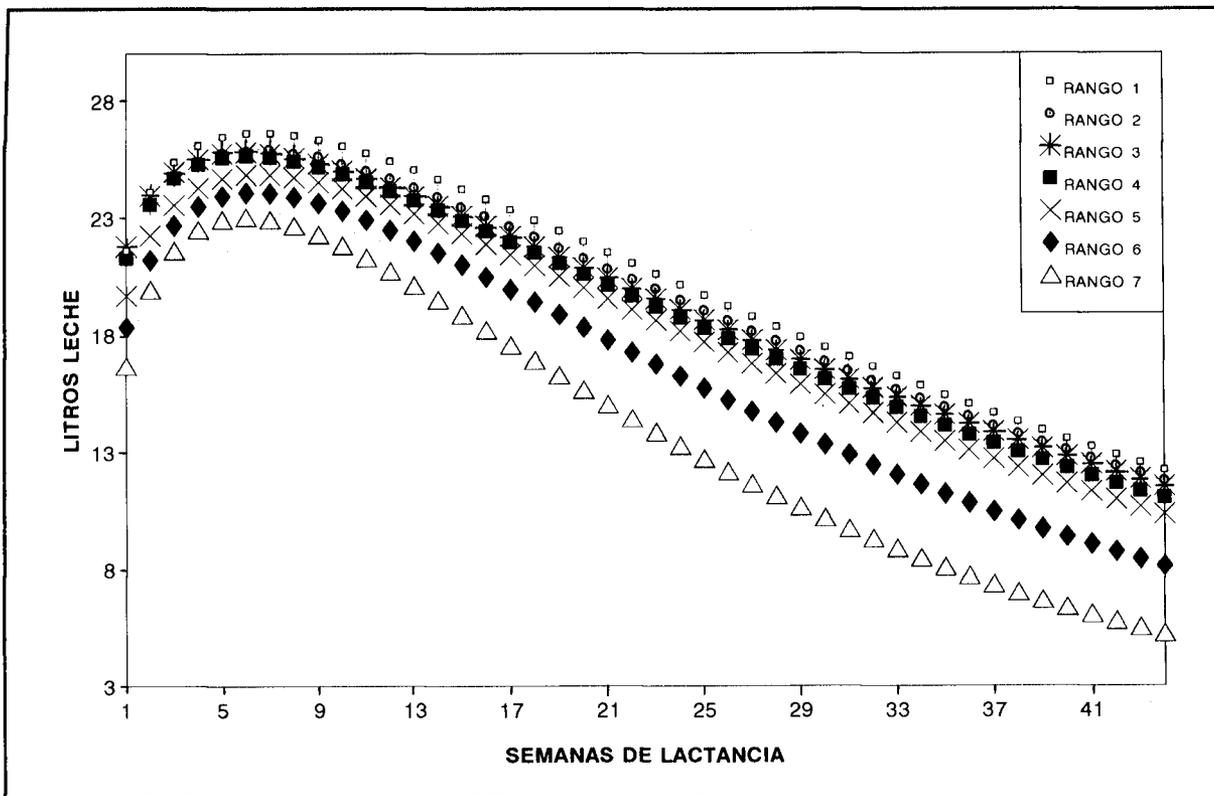


FIGURA 3. Ajuste de la curva de Wood en vacas según el nivel de células somáticas.

FIGURE 3. Wood's curve adjustment of cows according to somatic cells level.

Los cuadros 2 y 3 resumen los resultados obtenidos mediante el ajuste. En el caso de animales de primera lactancia, destacan los altos valores de r^2 , determinados para los tres primeros rangos celulares, particularmente el correspondiente al R1. Aún siendo más bajos, los valores de r^2 de los demás rangos reflejan un ajuste adecuado, consi-

derando el menor número de observaciones disponibles para los recuentos celulares más elevados (Cuadro 2). Los valores de r^2 logrados en animales de mayor edad, denotan, en alto grado, el buen ajuste de la función utilizada, incluso para el rango celular con menos observaciones (Cuadro 3).

CUADRO 2. Ajuste de la curva de Wood (1967) para cálculo de producción en vaquillas, por rango RCS utilizando la información promediada por semana de lactancia (1-43,6)

TABLE 2. Wood's curve adjustment for yield calculation in heifers, by RCS range, using a weekly mean production (1-43.6)

RCS (x 10 ³)	Rango	Coeficientes				Día de máxima producción (semana)	Pro- ducción máxima, L	Pro- ducción día 305 (semana 43,6), L	Índice decli- nación total, %	Produc- ción total proyec- tado, L	Nº de obser- vacio- nes
		a	b	c	r^2						
100	1	2,9239	0,1603	-0,0229	0,91	17,00 (7,00)	21,51	12,26	42,01	5.451 a	2.098
100-200	2	2,8424	0,1510	-0,0187	0,74	56,52 (8,07)	19,97	13,28	33,61	5.340 b	723
200-500	3	2,9244	0,1173	-0,0209	0,74	39,28 (5,61)	19,99	11,54	42,50	5.050 d	604
500-1.000	4	2,9405	0,0719	-0,0137	0,51	36,70 (5,24)	19,70	13,65	31,15	5.255 c	274
1.000-2.000	5	2,8390	0,1806	-0,0278	0,31 ¹	45,47 (6,49)	19,85	9,76	49,73	4.795 e	142
2.000-5.000	6	2,3250	0,5273	-0,0551	0,52	66,98 (9,56)	19,77	6,72	65,90	4.305 f	84

Valores con igual letra no difieren estadísticamente entre sí ($P > 0,05$), según prueba de "t" (Student), para diferencia entre ecuaciones de regresión.
¹Significativo al $P \leq 0,002$, el resto de las cifras de la columna es significativo al $P \leq 0,0001$.

CUADRO 3. Ajuste de la curva de Wood (1967) para cálculo de producción en vacas de dos o más partos, por rango RCS, utilizando la información promediada por semana de lactancia (1-43,6)

TABLE 3. Wood's curve adjustment for yield calculation in by SCC range, using a weekly mean production (1-43.6)

Cuenta celular (x 10 ³)	Rango	Coeficientes				Día de máxima producción (semana)	Pro- ducción máxima, L	Pro- ducción día 305 (semana 43,6), L	Indice decli- nación total, %	Produc- ción total proyec- tado, L	Nº de obser- vacio- nes
		a	b	c	r ²						
100	1	3,1038	0,2037	-0,0312	0,97 ¹	45,70 (6,52)	26,34	11,97	54,13	6.220 a	5.098
100-200	2	3,0897	0,1968	-0,0311	0,92	44,29 (6,32)	25,76	11,53	53,70	6.032 b	2.115
200-500	3	3,1122	0,1794	-0,0306	0,94	41,03 (5,86)	25,55	11,45	54,83	5.946 b	2.315
500-1.000	4	3,0903	0,1943	-0,0324	0,93	42,97 (5,59)	22,15	10,86	57,13	5.786 c	1.424
1.000-2.000	5	3,0138	0,2278	-0,0350	0,89	45,56 (6,50)	24,60	10,09	57,9	5.633 d	982
2.000-5.000	6	2,9511	0,2720	-0,0429	0,90	44,38 (6,34)	23,97	8,00	65,83	5.124 e	613
> 5.000	7	2,8708	0,3382	-0,0567	0,71	41,75 (5,96)	22,80	5,30	76,81	4.385 f	175

Valores con igual letra, en una misma columna, no difieren estadísticamente entre sí ($P > 0,05$), según Prueba de t (Student), para diferencia entre ecuaciones de regresión.

¹Todos los valores de la columna son significativos al $P \leq 0,0001$.

Los valores de a están expresados en logaritmo, de modo que, para utilizar la expresión con fines de cálculo, se debe obtener su antilogaritmo.

El comportamiento de a es coincidente en ambos grupos de animales, puesto que refleja un intercepto con y que adquiere valores menores en los rangos celulares más elevados (cuadros 2 y 3, figuras 2 y 3). Ello significa que el efecto depresor de la producción de las mastitis subclínicas severas, se manifiesta desde los primeros días de lactancia. En ambos cuadros se aprecia que los valores de b (exponente del día de lactancia) son positivos, explicando el incremento de producción de la fase inicial de la lactancia. Los menores valores de b encontrados son coincidentes con los valores de a de mayor magnitud, lográndose un equilibrio de la curva.

Los valores de c son negativos, explicando el descenso de la curva de lactancia (cuadros 2 y 3). También hay coincidencia entre ambos cuadros, en relación a que los valores mayores de c corresponden a los rangos celulares más altos. Esto indicaría que mientras mayor es la intensidad de la mastitis subclínica, más pronunciado es el descenso de la curva, situación que parece ser, particularmente, evidente en animales de dos o más lactancias y que se ve corroborada por los resultados obtenidos para el índice de declinación total propuesto por Pedraza y Rodríguez (1988). Los valores presentados en ambos cuadros, demuestran que la declinación es, manifiestamente, mayor a partir de los rangos 5 (primera lactancia) y 6 (segunda y más lactancias).

Por lo tanto, los resultados obtenidos en el presente estudio muestran una menor persistencia de la lactancia, para animales con recuentos celulares elevados ($>1.000.000$ ó $> 2.000.000$ cél./ml), fenómeno que ha sido descrito para los grados más altos de reacción al CMT. Noorlander, Dahal y Gray (1973) señalan que las vacas positivas al CMT no sólo inician la lactancia a un menor nivel productivo en relación a las negativas, sino que también experimentarían una mayor declinación, constatándose un descenso claro de la persistencia para los animales reaccionantes a los grados 2 y 3 del CMT. Gray y Schalm (1962) comprobaron una persistencia, ostensiblemente, menor para las vacas que reaccionaban al grado 3 del CMT, respecto a la observada en animales negativos a la prueba.

La relación b/c, que Wood (1967) señala como el día de máxima producción, ha sido calculada, y se encuentra expresada, en los cuadros 2 y 3 como día y semana. No se observa una relación aparente entre esta variable y el recuento de células somáticas. En cambio, la producción máxima sí refleja el efecto del nivel celular, especialmente en el caso de hembras de dos o más partos, donde hay cierta tendencia a la disminución de su magnitud con el aumento del rango celular (Figura 3). En vaquillas, sólo se aprecia una diferencia entre la producción estimada para el R₁ y los valores correspondientes al resto de los rangos celulares (Figura 2).

En consecuencia, las diferencias que se perciben en las producciones totales a 305 días (cuadros 2 y 3), se explican, principalmente, por el mayor nivel en la producción máxima obtenida (punto de infle-

xión de la curva en figuras 2 y 3), seguido de una etapa de declinación que, en términos generales, resulta más pronunciada en vacas que en vaquillas. Esta tendencia es coincidente con lo observado por Shanks y otros (1981), donde vaquillas expresan una menor producción máxima, situación compensada por una mejor persistencia en su curva de lactancia.

Atendiendo al alto grado de ajuste logrado con el modelo de Wood, se utilizó éste con fines predictivos para cada una de las situaciones de recuento celular definidas. De esta forma, se calculó las producciones totales por lactancia, apreciándose cómo el incremento en el rango celular, es decir el aumento de la intensidad de las mastitis subclínica, se traduce en una disminución gradual y significativa del volumen total de producción registrado hasta los 305 días de lactancia ($P \leq 0,05$). De acuerdo a los resultados expuestos en los cuadros 2 y 3, y considerando como nivel de referencia un recuento < 100.000 cél./ml (R_1), las pérdidas en producción por lactancia para animales de primer parto oscilarían entre 111 kg (R_2) y 1.146 kg (R_8), lo que representa un 2 y 21% del rendimiento estimado para R_1 , respectivamente. Las pérdidas correspondientes a vacas de dos o más lactancias, fluctuarían entre 188 kg (R_2) y 1.835 kg (R_7), equivalentes a un 3 y 29% del rendimiento del estrato celular base, respectivamente.

Lo anterior, denota la misma relación negativa entre producción por lactancia y concentración celular, estimada mediante regresión a partir de registros lactacionales completos y los promedios logarítmicos de los recuentos de células somáticas (Ln RCS) correspondientes a cada lactancia, arrojando pérdidas por unidad de Ln RCS que mostrarían consistencia con los valores determinados en dichos trabajos. Asumiendo una relación lineal entre Ln RCS y producción por lactancia estimada por la función de Wood (1967), las pérdidas por unidad de Ln RCS entre el primer y último estrato de recuento, que abarcan aproximadamente 4 y 5 unidades logarítmicas (primera y segunda o más lactancias, respectivamente), serían de 291 kg o 5,5%, respecto a una producción media del orden de 5.300 kg (primera lactancia) y de 367 kg o 6,1% en relación a un rendimiento promedio de aproximadamente 6.000 kg (segunda o más lactancias). Estas pérdidas se ubicarían en el extremo superior del rango de reducciones en el rendimiento lactacional, por unidad de incremento del Ln RCS, las cuales fluctúan entre 74 a 396 kg, o 1,3 a 6,1% de la producción promedio (Raubertas y Shook, 1982; Salsberg, Meck y Martin, 1984; Serieys, 1985; Batra, 1986).

Por otra parte, al comparar los descensos porcentuales en producción por lactancia, establecidos a partir de los cuadros 2 y 3, con los descensos porcentuales en producción diaria de leche, determinados por los autores utilizando una base de datos similar, se desprende que en animales de primer parto habría un alto grado de coincidencia entre ambas estimaciones, excepto para la categoría $>2.000.000$ cél./ml, donde la reducción, respecto al rendimiento base, fue mayor en el primer caso. En las vacas de dos o más partos, la consistencia fue menos evidente, particularmente en los dos rangos celulares más elevados, que exhibieron pérdidas porcentuales superiores para la producción por lactancia.

Considerando estos antecedentes, podría suponerse que la función de Wood (1967) sobrestimaría las pérdidas en producción a niveles muy altos de recuento celular. No es posible establecer si ello refleja una mayor imprecisión en las proyecciones de las producciones para los rangos celulares más elevados, o, simplemente, que estos rangos son los que disponen de una cantidad de información quizás demasiado reducida, como para tener un número adecuado y bien distribuido de controles a través de la lactancia. Sin embargo, también debe tenerse presente que dicha sobrestimación puede ser sólo aparente, puesto que se ha sugerido que los modelos continuos de regresión subestimarían las pérdidas en producción, al incluir niveles celulares, probablemente, no relacionados de manera significativa con los descensos en rendimiento lácteo, contribuyendo, adicionalmente a ello, el uso de diseños que excluyen de los análisis los registros de animales eliminados por mastitis y/o baja producción antes de completar una lactancia (Tyler, Thurmond y Lasslo, 1989).

Los resultados presentados en el Cuadro 2 indican que en animales de primera lactancia se configuran seis grupos diferentes entre sí ($P \leq 0,05$). La mayor producción por lactancia del grupo 4, respecto al 3, no tiene una explicación clara para los autores. En vacas (Cuadro 3), de los siete rangos celulares planteados, seis constituyen grupos distintos ($P \leq 0,05$), reconociéndose como iguales R_2 y R_3 . Esto quiere decir que los recuentos comprendidos entre 100.000-200.000 y 200.000-500.000 cél./ml, conforman un mismo nivel celular en cuanto a rendimiento lactacional.

En consecuencia, para animales de primer parto, las pérdidas en producción por lactancia se harían significativas a partir del estado de 100.00 a 200.000 cél./ml (Cuadro 2). En animales de dos o más lactancias (Cuadro 3), el descenso en rendimiento comenzaría a ser significativo a nivel comprendido

entre 100.000-500.000 cél./ml, respecto a la misma base de recuento (<100.000 cél./ml). Ello concuerda con lo descrito para producción diaria de leche por los autores, así como por otros investigadores, en el sentido que las pérdidas por concepto de mastitis subclínica adquieren significancia estadística a niveles de recuento relativamente bajos, inferiores a 500.000 cél./ml. Al respecto, Tyler, Thurmond y Lasslo (1989) señalan que el primer nivel celular, en el cual los descensos en producción se hacen significativos, es del orden de 245.000 cél./ml. Dohoo, Meek y Martin (1984) concluyen que ello ocurriría para recuentos inferiores a 148.000 cél./ml, aunque la metodología empleada por dichos autores no permite precisar el nivel a partir del cual las pérdidas en producción se hacen estadísticamente significativas.

CONCLUSIONES

La función gamma, propuesta por Wood (1967), permite lograr un buen ajuste de las curvas de lactancia, para distintos rangos de células somáticas, posibilitando una evaluación más completa de los efectos de la mastitis subclínica sobre la producción de leche, en comparación a la obtenida

con los métodos de análisis convencionales. A medida que aumenta el nivel de recuento, se observan tendencias decrecientes de diversa magnitud para los valores de producción, máxima y al día 305, comprobándose, paralelamente, un incremento en los índices de declinación que refleja una menor persistencia, situación que se aprecia más claramente en los rangos celulares altos. Estos cambios de la curva de lactancia, asociados al incremento del recuento celular, se traducen en producciones proyectadas progresivamente más bajas, registrándose reducciones de hasta un 21 y 29% en la producción total de animales de una y dos o más lactancias, respectivamente.

Los resultados muestran consistencia con las estimaciones basadas en análisis de regresión, tanto en lo referente a la magnitud de las pérdidas productivas, como a los valores de recuento relativamente bajos en que éstas adquieren significancia estadística. La principal discrepancia corresponde a las mayores cifras de pérdidas estimadas mediante el modelo para los recuentos mayores a 5.000.000 cél./ml, debiendo establecerse, en investigaciones posteriores, si ello representa una sobrestimación real o aparente de las pérdidas.

RESUMEN

La determinación del recuento de células somáticas en leche, mediante un equipo contador electrónico, sirvió de base para desarrollar un estudio que incluyó cinco rebaños lecheros, muestreados mensualmente durante dos años consecutivos. El objetivo principal fue, evaluar el efecto del incremento de las células somáticas sobre la producción por lactancia de vacas de uno y dos o más partos. Con este fin, se aplicó la función gamma, propuesta por Wood (1967), para la curva de lactancia, a datos provenientes de animales que cursaban mastitis subclínica de diversas intensidades. Para ello, se establecieron siete rangos de recuento celular, desde <100.000 cél./ml (R_1) hasta >5.000.000 cél./ml (R_7).

Los valores de ajuste de las curvas de lactancia para animales de primer parto, expresados como coeficiente de determinación desde R_1 a R_6 , fueron: 0,91; 0,74; 0,74; 0,51; 0,31 y 0,52, respectivamente ($P \leq 0,01$). En vacas de dos o más partos éstos alcanzaron a 0,97; 0,92; 0,94; 0,93; 0,89; 0,90 y 0,71, desde R_1 a R_7 , respectivamente ($P \leq 0,001$). En ambos grupos de animales, las producciones inicial, máxima y al día 305, al igual que la persistencia de la lactancia, tendieron a disminuir con el

incremento del recuento celular, comprobándose valores claramente inferiores para los rangos de recuento más elevados. Las producciones por lactancia para animales de primer parto fueron: $R_1= 5.451$ a; $R_2= 5.340$ b; $R_3= 5.050$ d; $R_4= 5.255$ c; $R_5= 4.795$ e y $R_6= 4.305$ f ($P \leq 0,05$). Los valores correspondientes a vacas de dos o más partos alcanzaron a: $R_1= 6.220$ a; $R_2= 6.032$ b; $R_3= 5.946$ b; $R_4= 5.786$ c; $R_5= 5.633$ d; $R_6= 5.124$ e y $R_7= 4.385$ f ($P \leq 0,05$). De acuerdo a ello, las pérdidas extremas llegan al 21 y 29% de la producción total de animales de primera y segunda o más lactancias, adquiriendo significación estadística a partir de recuentos comprendidos entre 100.000-200.000 cél./ml y 100.000-500.000 cél./ml, respectivamente.

Se concluye que la función gamma para la curva de lactancia, constituye una herramienta valiosa para la investigación del efecto de la mastitis subclínica sobre el rendimiento productivo de vacas lecheras.

Palabras claves: vacas, curva de lactancia, mastitis subclínica, células somáticas, producción de leche.

LITERATURA CITADA

- ALI, A.K.A. and SHOOK, G.E. 1980. An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. *J. Dairy Sci.* 63: 487-490.
- BATRA, T.R. 1986. Relationship of somatic cell concentration with milk yield in dairy cows, *Can. J. Anim. Sci.* 66: 607-614.
- DOHOO, I.R.; MEEK, H.A. and MARTIN, S.W. 1984. Somatic cell counts in bovine milk: relationships to production and clinical episodes of mastitis. *Can. J. Comp. Med.* 48(2): 130-135.
- FORSTER, T.L.; ASHWORTH, U.S. and LUEDECKE, L.O. 1967. Relationship between California Mastitis Test reaction and production and composition of milk from opposite quarters. *J. Dairy Sci.* 50(5): 675-682.
- GOODALL, E.A. 1986. A note of the use of a categorical variable to explain seasonality deviation from de lactation curve. *Anim. Prod.* 42: 153-155.
- GRAY, D.M. and SCHALM, D.V.M. 1962. The mastitis variable in milk yield as estimated by the California Mastitis Test. *An. J. Vet. Res.* 23(94): 541-543.
- JONES, G.M.; PEARSON, R.E.; CLABAUGH, G.A. and HEALD, C.W. 1984. Relationships between somatic cell counts and milk production. *J. Dairy Sci.* 67(8): 1.823-1.831.
- LUCEY, S. and ROWLANDS, G.J. 1984. The association between clinical mastitis and milk yield in dairy cows. *Anim. Production* 39: 165-175.
- MILLER, R.H.; EMANUELSSON, U.; PERSSON, E.; BROLUND, L.; PHILIPSSON, J. and FUNKE, H. 1983. Relationships of milk somatic cell counts to daily milk yield and composition. *Acta Agric. Scand.* 33: 209-223.
- NG-KWAI-HANG, K.F.; HAYES, J.F.; MOXLEY, J.E. and MONARDES, H.G. 1984. Variability of test-day milk production and composition and relation of somatic cell counts with yield and compositional changes of bovine milk. *J. Dairy Sci.* 67(2): 361-366.
- NOORLANDER, D.O.; DAHL, J. and GRAY, D. 1973. *Mechanics and production of quality milk.* 2 Ed. Madison, Wisconsin, Webcrafters INC. 380 p.
- PEDRAZA G., CARLOS. 1991. Efecto de la mastitis clínica sobre la producción de leche. *Agricultura Técnica* 51: 298-305.
- PEDRAZA G., CARLOS y RODRIGUEZ S., DAVID. 1988. Nuevo índice para medir declinación y/o persistencia de la curva de leche. *Agricultura Técnica* 48: 341-344.
- PHILPOT, W.N. 1967. Influence of subclinical mastitis on milk production and milk composition. *J. Dairy Sci.* 50: 978 (Abstr.).
- PRESCOTT, S.C. and BREED, R.S. 1910. The determination of the number of body cells in milk by a direct method. *J. Inf. Dis.* 7: 632.
- RAUBERTAS, R.F. and SHOOK, G.E. 1982. Relationship between lactation measures of somatic cell concentration and milk yield. *J. Dairy Sci.* 65(3): 419-425.
- SALSBERG, E.; MEEK, A.H. and MARTIN, S.W. 1984. Somatic cell counts: associated factors and relationship to production. *Can. J. Comp. Med.* 48(3): 251-257.
- SERIEYS, F. 1985. Relation entre concentration cellulaire du lait individuel, production laitière, et sensibilité des vaches aux infections mammaires. *Ann. Rech. Vét.* 16(3): 271-277.
- SHANKS, R.D.; BERGER, P.C.; FREEMAN, A.E. and DICKINSON, F.V. 1981. Genetics aspects of lactation curves. *J. Dairy Sci.* 64: 1852-1860.
- TYLER, J.W.; THURMOND, M.C. and LASSLO, L. 1989. Relationships between test-day measures of somatic cell count and milk production in California dairy cows. *Can. J. Vet. Res.* 53(2): 182-187.
- WOOD, P.D.P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature, Lond.* 216: 164-165.
- YOUL, B.S. and NICHOLLS, T.J. 1987. The relationship between somatic cell counts and lactation yield of dairy cows. *Aust. J. Dairy Technol.* 42(3/4): 68-70.