

La propuesta reducción del límite máximo permitido de células somáticas en leche cruda y su posible efecto sobre la industria lechera en Puerto Rico¹

*Jaime E. Curbelo², José Pantoja³, Angel A. Custodio⁴,
Ernesto Riquelme⁵ y Raúl Macchiavelli⁶*

J. Agric. Univ. J. Agric. Univ. P.R. 93(3-4):239-254 (2009)

RESUMEN

Se analizaron datos de 302,995 pesajes individuales de leche de vacas de hatos acogidos al Programa de Mejoramiento de Hatos Lecheros de Puerto Rico (PRDHIP, por sus siglas en inglés) y 8,833 resultados de análisis de recuentos de células somáticas (RCS) de muestras de tanque de todas las operaciones lecheras de Puerto Rico durante los años 2004 y 2005 para determinar el efecto potencial que tendría la aplicación de la propuesta del Concilio Nacional de Mastitis (NMC) de reducir el límite máximo actual de 750,000 células por mililitro de leche cruda. Los promedios de producción diaria de leche por vaca y de los recuentos de células somáticas expresados en la escala lineal (RLCS) en este conjunto de datos fueron 17.2 kg y 3.9, respectivamente. Basado en los registros del DHIP, se estimó en un 20% la proporción de pesajes de vacas individuales, equivalentes a 920,290 kg de leche cruda, que estaría fuera de norma si el límite máximo permitido se redujera a 600,000 células somáticas por mililitro. Los meses de mayor producción promedio de leche fueron febrero, marzo y mayo (18.4, 18.2 y 18.2 kg/día, respectivamente), mientras que las producciones menores se registraron en los meses de agosto, septiembre y octubre (16.3, 15.6 y 15.8 kg/día, respectivamente). Los meses con los menores promedios de RLCS correspondieron a febrero y abril (ambos en 3.5) y los mayores a agosto, septiembre y octubre (4.2, 4.2 y 4.3, respectivamente). El promedio de los RCS de muestras de tanque de los hatos acogidos o no al DHIA difirieron poco (461,656 y 473,096, respectivamente; $P > 0.05$).

Palabras clave: producción de leche, porcentaje de grasa y proteína, recuentos de células somáticas

¹Manuscrito sometido a la junta editorial el 6 de febrero de 2009.

²Estudiante Graduado, Departamento de Industria Pecuaria, Recinto Universitario de Mayagüez.

³Zootecnista, Servicio de Extensión Agrícola, Departamento de Industria Pecuaria, Recinto Universitario de Mayagüez, PO Box 3460, Manatí, PR 00674. A quien la correspondencia debe ser dirigida.

⁴Catedrático Asociado, Departamento de Industria Pecuaria, Recinto Universitario de Mayagüez.

⁵Catedrático, Departamento de Industria Pecuaria, Recinto Universitario de Mayagüez.

⁶Catedrático, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales, Recinto Universitario de Mayagüez.

ABSTRACT

The proposed reduction in the upper limit of somatic cell counts in raw milk and its effect on the milk industry in Puerto Rico

Data from 302,995 test day records of individual cows of the Puerto Rico Dairy Herd Improvement Program (PRDHIP) and from 8,833 bulk tank results from all herds in Puerto Rico during the years 2004 and 2005 were analyzed for determining the potential effect of implementation of the National Mastitis Council's (NMC) proposal to reduce the present regulatory upper limit for somatic cell count of 750,000 cells/ml of crude milk. Means of herd test day milk yield per cow and of somatic cell scores on the linear scale for this data set were 17.2 kg and 3.9, respectively. On the basis of PRDHIP data, it was estimated that 20% of individual test day values, equivalent to 920,290 kg of raw milk, would exceed the upper limit if it were established at 600,000 cells/ml. The months of highest average milk production were February, March and May (18.4, 18.2 and 18.2 kg/day, respectively). The lowest production was observed in August, September and October (16.3, 15.6 and 15.8 kg/day, respectively). The months with the lowest average somatic cell score were February and April (both at 3.5) and those of the highest were August, September and October (4.2, 4.2 and 4.3, respectively). The average somatic cell counts for herds enrolled or not enrolled in DHIP were similar (461,656 and 473,096, respectively; $P > 0.05$).

Key words: milk production, milk and fat percentage, somatic cell count

INTRODUCCIÓN

La industria lechera es la principal empresa agrícola de Puerto Rico en virtud de su aportación de 187.1 millones de dólares anuales, lo cual corresponde a un 23% del Ingreso Bruto Agrícola (Oficina de la Reglamentación de la Industria Lechera, 2007). A pesar de ello, la industria lechera enfrenta serios limitantes. Entre éstos se destacan la baja eficiencia en producción de leche a nivel finca, la tendencia decreciente en las ventas de leche fresca y la presencia de enfermedades en los hatos lecheros. Entre las enfermedades principales que afectan al ganado lechero en Puerto Rico se destaca la mastitis. Las pérdidas económicas asociadas a la mastitis en el continente norteamericano se estimaron en la década pasada entre \$35 y \$295 anuales por vaca (De Graves y Fetrow, 1993). Esta cifra incluye costos debidos a disminución en la producción de leche, leche descartada, tratamientos terapéuticos de animales afectados, mano de obra adicional para el manejo de vacas mastíticas y aumento en el requisito de vacas de reemplazo.

La mastitis se define como una inflamación de la glándula mamaria en respuesta a traumas o más comúnmente a la invasión de la ubre por microorganismos infecciosos (Ma et al., 2000). La inflamación es un mecanismo de protección de la glándula para ayudar a eliminar los microorganismos y sus toxinas y reparar los tejidos afectados. Los síntomas principales incluyen fiebre sistémica, hinchazón y enrojecimiento de la ubre, dolor e interrupción de las funciones normales de la glándula ma-

maria y aumento en los niveles de células somáticas en la leche (Kehrli y Shuster, 1994). La estimación de los RCS en muestras de leche es la medida más común para la diagnosis indirecta del nivel de mastitis presente en vacas lecheras (Raubertas y Shook, 1982). Los RCS pueden determinarse en muestras de leche de los cuartos de vacas individuales o del tanque de almacenamiento de la finca. Estos valores se consideran un buen estimador de la calidad de la leche (Lukas et al., 2005) por lo que los RCS en muestras de tanque de almacenamiento de las fincas se incluyen como una de las pruebas rutinarias regulatorias para el mercadeo de la leche grado A. El reglamento sanitario local ha adoptado la reglamentación de calidad de los Estados Unidos para la clasificación de leche grado A, cuyo límite máximo de células somáticas en muestras de tanque es de 750,000 células por mililitro (U.S. Dept. Health and Human Services, 1997). Las operaciones lecheras o el abasto de leche que no cumplan con esta especificación podrían ser excluidos de la clasificación de leche grado A y por ende de la oportunidad para el mercadeo interestatal de leche.

El NMC ha propuesto una reducción progresiva del límite máximo de células somáticas en la leche del tanque de almacenamiento de 750,000 a 600,000; de 600,000 a 500,000; y de 500,000 a 400,000 en forma escalonada y en un periodo de cuatro años (Norman et al., 2000). Para entrar en vigor, esta propuesta tendría que ser aprobada por la Conferencia Interestatal de Mercaderes de Leche y por la Administración Federal de Drogas y Alimentos, lo cual no ha ocurrido hasta el presente. Entre los países desarrollados, en los Estados Unidos de América se mantiene el nivel máximo menos exigente para los RCS, por lo cual se espera que en un futuro cercano adopte medidas regulatorias más estrictas para mantener la competitividad comercial de sus productos lácteos. Tomando en cuenta estudios recientes que indican una menor vida útil de la leche pasteurizada a medida que aumentan los RCS (Ma et al., 2000) y datos locales que señalan la corta durabilidad de la leche bajo refrigeración como uno de los factores asociados con la reducción en ventas de leche fresca (Comas et al., 2004), la Oficina de la Reglamentación de la Industria Lechera contempla reducir el límite máximo de células somáticas a 600,000/ml.

Los trabajos de investigación realizados localmente en torno a la mastitis se han enfocado en la identificación de los microorganismos patógenos causantes de la misma, pruebas de sensibilidad de estos patógenos a diferentes antibióticos, evaluación de la efectividad de prácticas de manejo, la tasa de incidencia de mastitis en regiones específicas de Puerto Rico y la comparación de diversos desinfectantes para el control de la misma (Trinidad, 1983; Pagán, 1985; Rodríguez, 1987; González, 1988), así como la determinación de la relación cuantitativa

entre los RCS y la producción de leche (Pantoja et al., 1996). Bajo las condiciones de Puerto Rico no se ha determinado el impacto que tendría la aplicación de la propuesta del NMC referente a los RCS en términos del número de pesajes y cantidad de leche que pudieran quedar excluidos durante las diferentes épocas del año.

El presente trabajo tuvo como objetivo principal examinar el posible efecto que pudiera tener sobre los productores de leche fresca en Puerto Rico la aplicación de la primera fase de la propuesta del NMC, utilizando para ello la información sobre los RCS recopilada por el PRDHIP y los resultados de muestras de tanque obtenidos por el Programa de Calidad de Leche de la Oficina para la Reglamentación de la Industria Lechera (PCLORIL). Los RCS basados en los periodos de prueba del PRDHIP podrían ser diferentes de aquellos obtenidos por PCLORIL en muestras de tanque, toda vez que la leche de vacas en tratamiento contra mastitis o con altos RCS se debe excluir del tanque de almacenamiento, pero no del procedimiento usado en el DHIP.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información referente a los resultados de muestras de leche del tanque de almacenamiento de las fincas se obtuvo del PCLORIL. Los datos de pesajes de leche e información productiva y reproductiva de vacas individuales se obtuvieron electrónicamente del Centro de Cómputos de Carolina del Norte, donde son procesados los registros DHI de Puerto Rico. La producción mensual de leche por vaca se estimó mediante el uso de pesadoras de leche "True Test", fabricadas por la compañía Surge⁷, las cuales permiten también la toma de muestras de leche. Dicho proceso se llevó a cabo mensualmente en uno de los dos ordeños diarios, alternado en mañanas y tardes. Las muestras se analizaron para determinar su contenido de células somáticas por un "Coulter Counter", marca de Coulter Electronics, y el contenido de grasa y proteína mediante un equipo conocido como "Multispec M", equipo fabricado por Analytic Equipment. Las variables obtenidas del DHIP incluidas en el estudio fueron:

- | | |
|---------------------|---|
| • Hato | Cada uno de los hatos acogidos al PRDHIP |
| • Células somáticas | Recuento lineal de células somáticas por vaca en cada pesaje |
| • Producción diaria | Producción diaria de leche por vaca en cada pesaje, expresada en kilogramos |

⁷Las marcas registradas sólo se usan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

• Producción total	Producción total de leche por vaca por lactancia completa, expresada en kilogramos
• Producción en 305 días	Producción total de leche ajustada a una lactancia de 305 días o menos, expresada en kilogramos
• Píco de producción	Producción máxima diaria de leche alcanzada por vaca durante la lactancia, expresada en kilogramos
• Porcentaje de proteína	Porcentaje de proteína en la leche producida el día de cada pesaje
• Porcentaje de grasa	Porcentaje de grasa en la leche producida el día de cada pesaje
• Días en horro actual	Días transcurridos entre el final de la lactancia anterior y el comienzo de la lactancia al estudio
• Días horro previo	Días transcurridos entre el final de la penúltima lactancia y el comienzo de la lactancia anterior durante el estudio
• Días abiertos	Días transcurridos desde el momento del parto hasta que la vaca concibió nuevamente
• Días en producción	Número de días en que la vaca estuvo en producción; equivale al largo de la lactancia
• Número de lactancias	Número de lactancias de la vaca durante su vida productiva hasta la actual

El contenido de células somáticas en la leche se expresó en la escala lineal. Típicamente, los RCS muestran una distribución sesgada debido al efecto que tienen los recuentos extremadamente altos sobre el promedio, la cual puede ajustarse mediante su expresión en forma logarítmica (Raubertas y Shook, 1982). La transformación logarítmica permite evaluar en forma más precisa la relación entre células somáticas y producción de leche.

Los datos originales abarcaron un total de 1,262,629 pesajes diarios de 136,497 lactancias pertenecientes a 54,724 vacas diferentes. Estos se editaron excluyendo aquellas variables que no estuvieran relacionadas con los índices reproductivos y de producción de leche bajo estudio, y también se eliminaron datos cuya fecha de pesaje fuera antes o después del periodo de interés o cuya producción diaria de leche excediera los 58.0 kg o fuera menor de 2.3 kg. También se eliminaron los registros de vacas con más de 15 lactancias, más de 300 días abiertos, más de 300 días horra, con porcentajes de grasa mayores a 6.0% o menores a 1.6% y con porcentajes de proteína mayores a 7.0% o menores a 1.7%. El con-

junto de datos así redefinido incluyó un total de 302,995 pesajes diarios de 60,106 lactancias correspondientes a 45,414 vacas diferentes. Durante el periodo evaluado el 45% de los hatos lecheros en Puerto Rico estaban acogidos al programa PRDHIA.

La correlación simple entre los RCS, producción de leche y otras variables incluidas se estimó mediante el uso del procedimiento de correlación simple de SAS (2004). Para evaluar la variación estacional de los RCS y la producción de leche por mes, se calcularon los promedios de producción de leche de pesajes individuales para cada mes y sus respectivos RCS. Estos promedios se agruparon por mes para evaluar sus patrones de variación a lo largo del año. Se evaluó la variación estacional de producción de leche, según los meses del año, y los cinco escenarios categorizados en consonancia con la propuesta del NMC dentro de cada mes y se calculó el total de pesajes de leche dentro de cada escenario. Los RLCS de los registros del PRDHP se convirtieron a RCS utilizando la fórmula $[RCS = 2^{(RLCS-3)} (100,000)]$. Los escenarios categorizados fueron: mayores a 750,000; entre 600,000 y 750,000; entre 500,000 y 600,000; entre 400,000 y 500,000; y menores de 400,000. Para determinar el posible impacto de la propuesta del NMC sobre los productores de leche fresca en Puerto Rico, se calcularon los promedios de producción de leche de pesajes individuales por vaca, agrupándolos según sus RCS por los aludidos escenarios. Se calculó el total de leche producida correspondiente a cada escenario para determinar los porcentajes de leche total que representaron. También se analizaron y compararon los registros de RCS en muestras de leche de tanque de hatos acogidos al PRDHIP versus hatos no acogidos al mismo. En total, se obtuvieron los resultados de 8,833 muestras de leche de tanque con información de RCS para categorización. Estas muestras fueron agrupadas en hatos acogidos o no al PRDHIA y se obtuvieron los estadísticos descriptivos de los RCS, en cada categoría (SAS, 2004). Para evaluar la posible relación entre los RCS y los porcentajes de proteína y grasa en las muestras de leche, se usó el análisis de correlación PROC CORR entre estas variables (SAS, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de leche y RCS

El promedio de producción diaria de leche en lactancias estandarizadas a 305 días fue de 4,985.5 kg (Cuadro 1). Este valor fue mayor a los informados por Pantoja et al. (1996) de 4,689 kg y por Camoens et al. (1976) de 3,749 a 4,063 kg, en estudios anteriores con datos del DHIP de Puerto Rico. Esta productividad aumentada con el tiempo es un he-

CUADRO 1.—*Características de producción de leche, estado reproductivo y recuento de células somáticas (RCS).*

Variable	n	Promedio	±	Min.	Max.
RLCS/día muestra	230,092	3.9	2.0	0.1	9.5
Producción de leche/día (kg)	302,995	17.2	7.0	2.3	58.1
Producción de leche lactancia completa (kg)	1,132,460	5,929.7	1,782	317.5	14,653.6
Producción de leche en 305 días (kg)	833,080	4,985.5	1,986.3	10.4	12,488.5
Pico producción (kg)	747,940	25.1	7.4	2.7	58.1
Porcentaje de proteína	243,904	3.1	0.4	1.7	4.0
Porcentaje de grasa	234,225	3.1	0.9	1.6	6.0
Número de días horro actual	144,194	101.8	66.9	16	300.0
Número de días horro anterior	160,915	99.4	63.7	1.0	300.0
Número de días abiertos	169,444	92.4	51	31.0	300.0
Número de días en lactancia	293,032	331.2	112	5.0	600.0
Número de lactancias	302,977	2.7	1.8	1.0	15.0

cho reconocido y tiende a indicar que los datos utilizados en este estudio son representativos de la población de vacas lecheras acogidas al DHIP en Puerto Rico. El promedio de producción diaria de leche por vaca fue de 17.2 kg, con una fluctuación entre límites de 2.3 a 58.1 kg (Cuadro 1). Al comparar estos resultados con el estudio de Norman et al. (2000), realizado con datos del PRDHIP correspondientes a los años 1996 al 1997, se observa menor producción promedio de leche en los datos presentes (17.2 vs. 19.1 kg/día). Aquellos autores utilizaron sólo los registros de producción provistos por el Centro de Cómputos que incluían toda la información requerida para evaluaciones genéticas, lo cual limita el número de observaciones, que en su caso fue de sólo 935. Es pertinente notar que, en Puerto Rico, la identificación del padre de los animales en registros del PRDHIP es deficiente.

El promedio del RLSC en pesajes individuales obtenidos en este estudio fue de 3.9 con una variación de 0.1 a 9.5. Estos valores fueron menores a los informados por Pantoja et al. (1996), cuyo promedio fue de 5.1. Esta diferencia en los RLCS pudiera adjudicarse al uso de mejores prácticas de manejo, control y prevención de mastitis, como resultado de la implantación de medidas más estrictas de fiscalización de la producción durante el intervalo en cuestión. Norman et al. (2000) hallaron un RLCS promedio de 5.3 utilizando datos del programa DHIP de hatos locales con las limitaciones ya señaladas. El limitado número de observaciones incluidas en aquel caso hace menos representativo su resultado.

La mayoría de los coeficientes de correlación simples obtenidos entre las variables reproductivas y los índices de producción de leche fueron bajos (Cuadro 2). La correlación simple entre el número de días en

CUADRO 2.—*Coefficientes de correlación simple entre las variables incluidas en el estudio.*

Var.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-0.23*	-0.10*	-0.03*	-0.02*	0.14*	0.11*	0.05*	0.01*	0.03*	0.05*	0.18*
2		0.51*	0.44*	0.57*	-0.42*	-0.36*	-0.07*	0.00	-0.10*	-0.18*	0.07*
3			0.88*	0.79*	-0.03*	-0.14*	-0.05*	-0.01*	-0.02*	0.35*	-0.17*
4				0.81*	0.02*	-0.09*	-0.05*	-0.01*	-0.01**	0.54*	0.06*
5					-0.10*	-0.14*	0.00	0.02*	-0.06*	0.14*	0.14*
6						0.39*	0.01**	-0.04*	0.04*	0.29*	-0.11*
7							0.02*	0.00	0.02*	0.13*	0.02*
8								0.71*	0.04*	-0.04*	0.03*
9									0.04*	0.00	0.04*
10										0.17*	-0.03*
11											-0.13*

Identificación de las variables: 1. Recuento lineal de células somáticas/día de prueba; 2. Producción diaria de leche por vaca; 3. Producción de leche total por vaca durante la lactancia; 4. Producción de leche en 305 días; 5. Pico de producción; 6. Porcentaje de proteína por pesaje; 7. Porcentaje de grasa por pesaje; 8. Días en horro actual; 9. Días en horro anterior; 10. Días abiertos; 11. Días en ordeño; 12. Número de lactancias.

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

horro actual y el número de días en horro previo fue alto (0.71, $P < 0.01$). Esta correlación refleja la tendencia de animales con periodos horros anteriores largos o cortos a repetir el mismo comportamiento. Posiblemente estos animales se sometieron al periodo seco involuntariamente por problemas reproductivos, baja producción o por mastitis. En lo que respecta a la mastitis, los animales que tienen altos RCS al principio de la lactancia tienden a mostrar RCS elevados persistentes y un mayor riesgo de mastitis subclínica o clínica en la lactancia subsiguiente (Rupp y Boichard, 2003). Los RCS altos se asocian con un mayor riesgo de mastitis clínica en la segunda lactancia (Rupp y Boichard, 2003). Los largos periodos secos previos a dos lactancias sucesivas pueden resultar del efecto de los altos RCS sobre la glándula mamaria.

La producción diaria de leche y el RCS de pesajes individuales mostró una correlación simple negativa (-0.23, $P < 0.01$; Cuadro 2). Este resultado concuerda con observaciones hechas en zonas templadas (Suriyasathaporn et al., 2000; De Vlieghe et al., 2005). No obstante, este valor es marcadamente mayor que la correlación baja, pero significativa, de -0.04 entre el promedio del RLCS y el promedio de producción de leche diaria obtenida por Pantoja et al. (1996). Esta mayor asociación obtenida en el presente estudio puede deberse en parte a la mayor producción de leche y menor nivel de RCS. El efecto negativo de la elevación de los RCS sobre la producción de leche es mayor a recuentos bajos que a recuentos altos de células somáticas (Raubertas y Shook, 1982).

La correlación entre el número de lactancias y el RLCS por pesajes fue positiva (0.18, $P < 0.01$, Cuadro 2). Esta tendencia concuerda con el hallazgo de Reneau (1986) de que los RCS de vacas primíparas fueron menores que los de vacas de más de cinco partos. En aquel estudio se halló que las vacas más maduras tienden a sufrir infecciones más frecuentes y prolongadas, causando daños más extensos al tejido glandular mamario. La causa de los aumentos en los RCS según avanza la edad de la vaca podría involucrar efectos residuales de infecciones en lactancias previas que causaron daños al tejido mamario y una mayor proliferación de leucocitos. El número de leucocitos no necesariamente aumenta con la edad en las vacas que no han experimentado episodios de mastitis, sugiriendo que el aumento en los RCS no se debe a la edad per se, sino al efecto acumulativo de exposiciones previas a patógenos (National Mastitis Council, 1996).

Las correlaciones entre los RCS y el porcentaje de grasa y de proteína en la leche fueron positivas ($P < 0.0001$, Cuadro 2), lo cual concuerda con los estudios de Kitchen (1981) y Suriyasathaporn et al. (2000). Estos últimos autores encontraron un aumento en los porcentajes de grasa, proteína y sólidos totales según aumentaron los RLCS de pesajes individuales; también obtuvieron una correlación negativa significativa ($P < 0.05$) entre los RCS y la producción de leche y correlaciones positivas entre los RCS y el porcentaje de grasa y el de proteína. El aumento en las concentraciones de grasa y proteína al aumentar los RLCS por pesajes puede deberse en parte al efecto de un menor volumen de leche. Las correlaciones entre la producción diaria de leche y los porcentajes de proteína y de grasa por pesaje fueron -0.42 y -0.36, respectivamente (Cuadro 2). Como tendencia general, según aumenta la producción de leche los porcentajes de grasa y proteína en la composición total disminuyen (Strokes et al., 2001).

Los meses con el mayor promedio de producción diaria de leche fueron febrero, marzo y mayo con 18.4, 18.2 y 18.2 kg, respectivamente, mientras los de menor producción fueron agosto, septiembre y octubre con 16.3, 15.6 y 15.8 kg, respectivamente (Cuadro 3). Estos datos concuerdan con los informados por la industria lechera (ORIL, 2007). La disminución en producción de leche durante los meses de agosto a noviembre pudo deberse en parte al efecto negativo de una mayor prevalencia de mastitis reflejada en mayores RCS. Los meses de menor producción de leche coincidieron con los de mayor promedio de RCS (Cuadro 3). El estrés causado en los animales por la alta temperatura y humedad ambientales podría, además de afectar la producción de leche directamente, aumentar la susceptibilidad a infecciones y el número de patógenos a los cuales se expone la vaca (Hogan y Smith, 1997), aumentando así la frecuencia de nuevas infecciones intramamarias.

CUADRO 3.—Variación estacional de los recuentos de células somáticas (RLCS) y la producción diaria de leche (kg/día).

Mes	n ¹	Producción (kg/día)	RLCS
enero	24,618	17.8	3.9
febrero	24,923	18.4	3.5
marzo	25,339	18.2	3.8
abril	25,989	17.9	3.5
mayo	28,705	18.2	3.8
junio	26,328	17.3	3.8
julio	26,480	17.1	4.0
agosto	25,496	16.3	4.2
septiembre	21,830	15.6	4.2
octubre	25,363	15.8	4.3
noviembre	23,078	16.6	4.0
diciembre	24,846	17.1	3.8

¹n = Total de pesajes de leche para el mes correspondiente.

Otro factor que contribuye a la disminución en producción durante los meses de agosto a noviembre podrían ser los efectos directos ambientales sobre el consumo de alimentos. Las altas temperaturas, radiación solar y humedad relativa, características del área tropical, tienden a disminuir el consumo voluntario de alimento así como la producción de leche (West et al., 2003). La menor producción de leche observada durante estos meses induce a los ganaderos a mantener en línea de ordeño vacas en etapas avanzadas de lactancia y preñez, cuyos RCS normalmente muestran una tendencia a aumentar aun en la ausencia de mastitis (Kitchen, 1981).

Los meses de julio, agosto y octubre arrojaron el mayor número de pesajes individuales con RCS sobre las 750,000 células por mililitro (Cuadro 4). Estos pesajes coincidieron en general con los meses del año con menor producción de leche (Cuadro 3). El aumento en los RCS durante estos meses coincide con el estrés calórico causado por las altas temperatura y humedad típicas del ambiente tropical. Estas condiciones podrían aumentar la susceptibilidad a infecciones así como el número de patógenos a los cuales se expone la vaca (Hogan y Smith, 1997).

Los promedios diarios de producción de leche por vaca con RCS \leq 400,000 o \geq 750,000 fueron de 17.7 y 15.8 kg, respectivamente (Cuadro 5), equivalentes a una reducción relativa de 10.3% en producción diaria al comparar las categorías de RCS promedio más bajo con el más el alto. Estos resultados evidencian otro beneficio que tendrían los productores cumplidores si el límite máximo permitido de células somáticas fuera reducido eventualmente a 400,000 células/ml y concuer-

CUADRO 4.— *Variación estacional de producción de leche según los meses del año y los escenarios de recuento de células somáticas fijados por la propuesta del NMC.*

Mes	Escenarios	n Pesajes ¹	Producción/ pesaje ² (kg)	± (kg)	Max	Min
enero	≤400	18,664	18.3	7.8	58.1	2.3
	>400 ≤500	580	16.3	7.5	51.7	3.2
	>500 ≤600	565	16.0	7.3	44.0	2.3
	>600 ≤750	524	16.5	7.8	47.2	2.3
	>751	4,285	16.2	7.4	49.0	2.3
febrero	≤400	19,634	18.8	7.9	57.6	2.3
	>400 ≤500	578	17.0	7.4	46.3	2.3
	>500 ≤600	553	16.7	7.7	49.0	3.6
	>600 ≤750	475	16.6	7.0	41.3	3.2
	>751	3,683	16.8	7.4	48.1	2.7
marzo	≤400	19,597	18.6	7.5	51.7	2.3
	>400 ≤500	630	17.0	7.1	41.3	4.1
	>500 ≤600	628	16.8	7.0	38.1	2.3
	>600 ≤750	518	16.6	6.7	38.6	3.6
	>751	3,966	17.0	7.2	49.4	2.3
abril	≤400	20,803	18.2	7.0	54.4	2.3
	>400 ≤500	598	16.7	6.7	42.2	2.7
	>500 ≤600	546	15.8	6.7	35.4	2.3
	>600 ≤750	444	16.1	6.6	37.2	3.2
	>751	3,598	16.6	6.9	45.4	2.3
mayo	≤400	21,990	18.6	7.0	49.9	2.3
	>400 ≤500	788	16.9	6.8	43.5	3.2
	>500 ≤600	716	16.7	6.8	43.5	3.2
	>600 ≤750	674	17.5	7.0	48.5	2.3
	>751	4,537	16.8	6.9	53.1	2.3
junio	≤400	20,433	17.7	6.6	55.8	2.3
	>400 ≤500	675	16.6	6.4	42.6	2.3
	>500 ≤600	606	15.9	6.3	44.9	2.3
	>600 ≤750	552	15.8	6.2	37.6	2.7
	>751	4,062	16.2	6.5	47.2	2.3
julio	≤400	19,922	17.5	6.4	50.8	2.3
	>400 ≤500	680	16.0	6.1	44.0	3.6
	>500 ≤600	695	16.1	6.2	40.8	3.6
	>600 ≤750	581	15.7	6.0	35.8	3.6
	>751	4,602	15.9	6.2	44.5	2.3
agosto	≤400	18,470	16.7	6.2	45.8	2.3
	>400 ≤500	754	15.4	5.9	45.4	2.7
	>500 ≤600	697	15.4	5.8	39.5	3.2
	>600 ≤750	673	15.2	5.7	38.6	2.3
	>751	4,902	15.3	6.2	45.4	2.3

¹Número total de pesajes de leche de vacas individuales para el escenario y mes correspondiente.

²Promedio de producción de leche por vaca por día para el número total de pesajes correspondiente.

CUADRO 4.—(Continuación) Variación estacional de producción de leche según los meses del año y los escenarios de recuento de células somáticas fijados por la propuesta del NMC.

Mes	Escenarios	n Pesajes ¹	Producción/ pesaje ² (kg)	± (kg)	Max	Min
septiembre	≤400	16,356	16.0	6.2	50.8	2.3
	>400 ≤500	616	15.0	6.3	43.1	2.7
	>500 ≤600	575	14.6	6.2	39.0	3.6
	>600 ≤750	511	14.7	6.2	34.5	2.7
	>751	3,772	14.4	6.1	44.0	2.3
octubre	≤400	18,465	16.3	6.6	56.2	2.3
	>400 ≤500	719	14.9	6.2	46.7	3.2
	>500 ≤600	681	15.0	6.1	45.4	2.7
	>600 ≤750	602	14.7	5.9	40.8	2.3
	>751	4,896	14.5	6.1	45.8	2.3
noviembre	≤400	17,247	17.1	7.2	56.2	2.3
	>400 ≤500	582	15.3	6.6	37.6	3.2
	>500 ≤600	575	15.3	6.6	40.8	2.3
	>600 ≤750	464	14.9	6.8	39.0	2.3
	>751	4,210	15.2	6.7	47.2	2.3
diciembre	≤400	19,256	17.6	7.5	56.7	2.3
	>400 ≤500	579	15.5	6.7	47.6	2.7
	>500 ≤600	527	15.3	6.6	39.9	2.7
	>600 ≤750	522	15.3	6.8	49.9	2.7
	>751	3,962	15.5	7.1	45.8	2.3

¹Número total de pesajes de leche de vacas individuales para el escenario y mes correspondiente.

²Promedio de producción de leche por vaca por día para el número total de pesajes correspondiente.

dan con los de varios investigadores (Raubertas y Shook, 1982; Miller et al., 2004). El porcentaje de pesajes individuales de leche con RCS sobre los 750,000 fue de 15.3, el cual es algo superior al 12% reportado por Norman et al. (2000) al utilizar registros del PRDHIP correspondientes a los años 1996 y 1997. Para los hatos acogidos al PRDHIP durante el periodo estudiado, esto equivale a un total de 799,820 kg de leche que estarían fuera de la reglamentación basado en RCS, si se adoptara el mencionado escenario.

El porcentaje de pesajes diarios de leche con RCS sobre los 600,000 en los hatos evaluados en el presente estudio fue de 17.3, el cual es menor al estimado de Norman et al. (2000) de 24.3%. Esta evidente reducción en años recientes en la proporción de pesajes con RCS mayores a los 600,000 refleja la tendencia de los ganaderos de Puerto Rico a mejorar la calidad de su producción. No obstante, es evidente que existe un reducido grupo de ganaderos que reglamen-

CUADRO 5.—Producción de leche por pesajes según los escenarios propuestos por el NMC.

Escenarios RCS	n ¹	Leche/ pesaje ² (kg)	± (kg)	Max (kg)	Min (kg)	Total leche ³ (kg)	%
≤400	230,837	17.7	7.1	58.1	2.3	4,075,397	78.1%
>400 ≤500	7,779	16.0	6.7	51.7	2.3	124,781	2.4%
>500 ≤600	7,364	15.8	6.6	49.0	2.3	116,448	2.2%
>600 ≤750	6,540	15.8	6.6	49.9	2.3	103,470	2.0%
>751	50,475	15.8	6.8	53.1	2.3	799,820	15.3%

¹Número de pesajes de leche de vacas individuales.

²Promedio de producción de todos los pesajes de leche individuales, según cada escenario.

³Sumatoria de todos los pesajes de leche de vacas individuales, según cada escenario.

tariamente deben ser forzados a ajustar sus prácticas de manejo para reducir los RCS en la leche producida en sus hatos. Suponiendo que el límite máximo de RCS fuera establecido en 600,000 un total de 903,290 kg de leche producida por los hatos acogidos al PRDHIP quedarían fuera de norma. Esta cifra equivale a menos del 20% de la leche total producida por los ganaderos acogidos localmente al programa durante el año evaluado. Si esta proporción de pesajes individuales que sobrepasan el parámetro aceptable fuera aplicable a todas las operaciones lecheras de la isla, el resultado implicaría un impacto negativo relativamente menor para la industria completa. La experiencia observada en países con sistemas de cuota parecidos al nuestro indican que el convencimiento de los productores a reducir los niveles de células somáticas en su abasto de leche es inefectivo, particularmente en hatos pequeños (Nightingale et al., 2008). Los reglamentos que combinan penalidades por altos RCS en muestras de tanque y pagos de leche por alta calidad suelen lograr una complementariedad y resultan ser más efectivos (Nightingale et al., 2008).

Del total de 8,833 muestras de leche de tanque analizadas para recuento de bacterias y RCS durante el período de estudio, 22.8% correspondieron a hatos acogidos al DHIP y 77.2% a hatos no acogidos al programa (Cuadro 6). El promedio de los RCS de muestras de tanque resultaron similares en ambos casos. Este resultado podría indicar que los hatos acogidos al PRDHIP no utilizan debidamente los registros de los RCS que les provee el programa, ya que se esperaría que éstos tuvieran RCS menores que los hatos desprovistos de dicha herramienta. La utilización adecuada de la información que provee el programa DHI podría ayudar a proveer un mejor manejo del hato y por ende menos mastitis. Spain y Witherspoon (1994) señalaron que los hatos acogidos al DHIP se caracterizaron por una mejor eficiencia en producción y mayor rentabilidad económica.

CUADRO 6.—Promedios de los recuentos (RCS) y recuentos lineales de células somáticas (RLCS) de muestras de leche del tanque de hatos acogidos o no al PRDHP¹.

Concepto	Hatos acogidos PRDHIA	Hatos no acogidos PRDHIA
Número muestras de tanque	2,016	6,817
Promedio de los RCS	461,656	473,096
Promedio de los RLCS	4.53	4.55

¹Muestras de leche obtenidas del tanque de almacenamiento de las fincas por el personal adscrito al Programa de Calidad de la Oficina para la Reglamentación de la Industria Lechera.

CONCLUSIONES

Las correlaciones simples entre las variables bajo estudio fueron bajas, exceptuando la encontrada entre el número de días en horro previo a la lactancia anterior y días en horro actual (lactancias objeto de análisis), además de las interrelaciones lógicas entre sí de los cuatro criterios de productividad. La correlación entre los RCS y las otras variables fue de una magnitud de alguna importancia (y de signo negativo) solamente en el caso de la producción diaria de leche por vaca. Las demás correlaciones con la participación de los RCS fueron bajas pero significativas. Se obtuvo evidencia de una tendencia ascendente en producción diaria de leche y descendente en RLCS en las vacas de los hatos adscritos al PRDHIP comparado con investigaciones previas. La producción de leche a lo largo del año es cíclica y llega a su punto mínimo durante los meses de agosto a noviembre. De implantarse la propuesta del Concilio Nacional de Mastitis referente a los límites de RCS, una proporción importante (17.3%) de los pesajes diarios de leche de los hatos acogidos al PRDHIP durante el periodo en estudio hubiesen quedado fuera de norma, lo que equivale a 903,290 kg de leche no mercadeable. Sorpresivamente, los promedios de los RCS de muestras de tanque de los hatos acogidos o no al PRDHIP resultaron similares, lo que tiende a indicar que muchos ganaderos con hatos acogidos a este programa no utilizan debidamente los registros que al respecto dicho programa les provee, los cuales podrían ayudar a favorecer la salud de las ubres. Se determinaron correlaciones positivas entre los RCS y los porcentajes de proteína y de grasa en pesajes individuales, lo que podría significar que al aumentar los RCS en la leche el volumen de ésta disminuye, pero la síntesis y la secreción mamaria de proteína y grasa disminuyen en una menor proporción.

LITERATURA CITADA

- Camoens, J. K., R. E. McDowell, L. D. Van Vleck y J. D. Rivera Anaya, 1976. Holsteins in Puerto Rico. I. Influence of herd, year, age, and season on performance. *J. Agric. Univ. P.R.* 60: 526-539.
- Comas, M., L. Mejía, J. Pantoja, A. Ramírez, M. Rodríguez y Y. Muñoz, 2004. Factores que afectan el consumo de leche en Puerto Rico. SOPCA. 2004:22.
- De Graves, F. J. y J. Fetrow, 1993. Economics of mastitis and mastitis control. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 9:421-434.
- De Vliegher, S., H. W. Barkema, H. Stryhn, G. Opsomer y A. de Kruif, 2005. Impact of early lactation somatic cell count in heifers on milk yield over the first lactation. *J. Dairy Sci.* 88: 938-947.
- González, J. O., 1988. Efectividad de dos desinfectantes de pezones para la prevención de la mastitis en vacas lecheras. Tesis de Maestría en Ciencias, Departamento de Industria Pecuaria, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. Mayagüez, Puerto Rico.
- Hogan, J. S. y K. L. Smith, 1997. Occurrence of clinical and subclinical environmental streptococci mastitis. In: Proc. Udder Health Management for Environmental Streptococci Symposium. University of Guelph, Ontario, Canada. Pp. 36-41.
- Kehrli, M. E. y D. E. Shuster, 1994. Factors affecting milk somatic cells and their role in health of the bovine mammary gland. *J. Dairy Sci.* 77:619-627.
- Kitchen, B. J., 1981. Review of the progress of Dairy Science.: Bovine mastitis, milk compositional changes and related changes and related diagnostic tests. *J. Dairy Res.* 48:167-168.
- Lukas, J. M., D. M. Hawkins, M. L. Kinsel y J. K. Reneau, 2005. Bulk tank somatic cell counts analyzed by statistical process control tools to identify and monitor subclinical mastitis incidence. *J. Dairy Sci.* 88:3944-3952.
- Ma, Y., C. Ryan, D. M. Galton, M. A. Rudan y K. J. Boor, 2000. Effects of somatic cell count on quality and shelf life of pasteurized fluid milk. *J. Dairy Sci.* 83:264-274.
- Miller, R. H., H. D. Norman, G. R. Wiggans y J. R. Wright, 2004. Relationship of test-day somatic cell score with test-day and lactation milk yields. *J. Dairy Sci.* 87:2299-2306.
- National Mastitis Council, 1996. Current Concepts of Bovine Mastitis. 4th Ed. Mastitis Control in Dairy Herds. National Mastitis Council. Madison, WI. Pp. 229-277.
- Nightingale, C., K. Dhuyvetter, R. Mitchell y Y. Schukken, 2008. Influence of variable milk quality premiums on observed milk quality. *J. Dairy Sci.* 91:1236-1244.
- Norman, H. D., R. H. Miller, J. R. Wright y G. R. Wiggans, 2000. Herd and state means for somatic cell count from dairy herd improvement. *J. Dairy Sci.* 83:2782-2788.
- Oficina de la Reglamentación de la Industria Lechera de Puerto Rico, 2007. Informe Anual Año Fiscal 2006-2007.
- Pagán, W., 1985. A preliminary study for the establishment of a mastitis control program for lactating dairy cows in the Research and Development Center of Lajas, Puerto Rico. Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Industria Pecuaria, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez, Mayagüez, Puerto Rico.
- Pantoja, J. A., A. Custodio, P. F. Randel, S. Cianzio y B. Rodríguez, 1996. Relación entre producción de leche y su contenido de células somáticas, en lactancias completas en hatos lecheros de Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P. R.* 80:169-81.
- Raubertas, R. F. y G. E. Shook, 1982. Relationship between lactation measures of somatic cell concentration and milk yield. *J. Dairy Sci.* 65:419-425.
- Reneau, J. K., 1986. Effective use of Dairy Herd Improvement somatic cell counts in mastitis control. *J. Dairy Sci.* 69:1708-1720.
- Rodríguez, H. I., 1987. Determinación del nivel de células somáticas en muestras de leche y los microorganismos más importantes causantes de mastitis en hatos leche-

- ros del norte y noroeste de Puerto Rico. Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Industria Pecuaria, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. Mayagüez, Puerto Rico.
- Rupp, R. y B. Boichard, 2003. Genetics of resistance to mastitis in dairy cattle. *Vet. Res.* 34: 671-688.
- SAS Institute Inc., 2004. SAS Procedures Guide, Version 9.1.3, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Spain, J. N. y M. Witherspoon, 1994. Why Missouri Dairy Association testing farms discontinue dairy herd improvement programs. *J. Dairy Sci.* 77:1141-1145.
- Strokes, S. R., D. N. Waldner, E. R. Jordan y M. L. Looper, 2001. Managing Milk Composition: Normal Sources of Variation. Oklahoma Cooperative Extension Service. Guide D-03.
- Suriyasathaporn, W., Y. H. Schukken, M. Nielsen y A. Brand, 2000. Low somatic cell count: a risk factor for subsequent clinical mastitis in a dairy herd. *J. Dairy Sci.* 83:1248-1255.
- Trinidad, P., 1983. Incidencia de mastitis, aislamiento e identificación de especies de *Streptococcus* causantes de mastitis y determinación in vitro de sus susceptibilidades a algunos antibióticos en hatos de primera clase en la región oeste de Puerto Rico. Tesis de Maestría en Ciencias. Departamento de Industria Pecuaria, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. Mayagüez, Puerto Rico.
- U.S. Dept. Health and Human Services, Public Health Service, and Food and Drug Admin., 1997. Grade "A" Pasteurized Milk Ordinance, 1997 Revision. <http://vm.cfsan.fda.gov/~download/pmo97.zip>. (Citado: 13 marzo de 2005).
- West, J. W., B. G. Mullinix y J. K. Bernard, 2003. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:232-242.