

Secreción de Leche y Estándares de Calidad

Pamela L. Ruegg, DVM, MPVM, Dip. ABVP-Dairy

Universidad de Wisconsin, Madison, USA

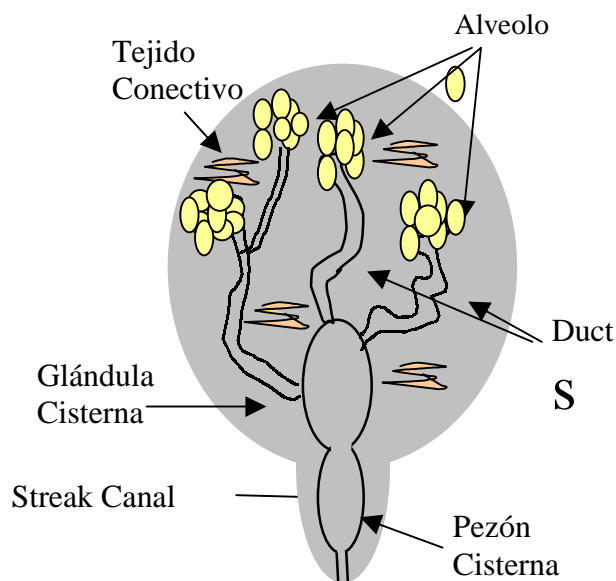
Introducción

La industria lechera es un segmento grande y dinámico de la economía agrícola de muchas naciones. En 1999, los recibos en efectivo del mercado de leche excedieron 23 billones de dólares en los Estados Unidos. El consumo de los productos lecheros continua aumentando en todo el mundo. El amplio consumo de productos lecheros y las recientes epidemias de enfermedades animales que recibieron mucha publicidad, (tal como la encefalopatía espongiforme bovina "BSE" y la fiebre aftosa "FMD") ha aumentado la preocupación del consumidor acerca de la calidad de alimentos de origen animal. Coincidente con estas tendencias, la globalización ha influenciado la definición de leche de "alta calidad 2 y las expectativas del consumidor cada vez afectan las practicas de manejo animal. Es necesario un entendimiento de los conceptos relacionados con la secreción de la leche y calidad de la leche para cumplir con las evolucionantes expectativas de los consumidores

Anatomía de la Ubre y Secreción de leche

La ubre está compuesta de cuatro diferentes glándulas secretoras denominadas cuartos mamarios. Cada cuarto consiste de tejido secretor que produce leche que se conoce como alveolo, un sistema de ductos para transportar la leche desde el alveolo, dos áreas de almacenamiento denominadas "cisternas" y un pezón". Un componente importante del pezón es el esfínter del mismo, un grueso tejido muscular que está protegido con sustancias antibacteriales y cierra el pezón cuando no se está extrayendo la leche. Cada cuarto es independiente y está separado de los otros por ligamentos gruesos (Figura 1) Los microorganismos no pueden pasar directamente entre los cuartos pero los antibióticos (administrados en un cuarto o sistémicamente) se absorben y se pueden diseminar por toda la ubre.

Figura 1. Esquema de un cuarto mamario



La mayor parte de la ubre está compuesto de alveolo y la leche se almacena en las siguientes proporciones: 60% en el alveolo, 20% en los ductos y 20% en las cisternas. Las células que cubren el alveolo son las que producen la leche; al llenarse con leche el alveolo, la presión en las células epiteliales aumenta y la producción de leche se hace más lenta. Las arterias que suministran los nutrientes para la producción de leche corresponden a cada alveolo. Se estima que cada ml de leche requiere entre 500 y 100 ml de sangre para circular por la ubre y 8% del volumen total de la vaca lechera está presente en la ubre. Células de músculo rodean el alveolo. Para extraer leche, los músculos alrededor del alveolo se deben contraer para mover la leche hacia los ductos y cisternas. Este proceso se llama "bajada de la leche". El proceso de la bajada de la leche es iniciado por el entorno y el estímulo físico que activa una serie de eventos hormonales. El estímulo positivo envía señales a la glándula pituitaria en el cerebro para producir oxitoxina. La oxitoxina viaja a la ubre en el torrente sanguíneo y hace que las células mioepiteliales alrededor del alveolo se contraigan y muevan la leche hacia el ducto y sistema de cisterna donde puede ser extraída mediante el proceso de ordeño. Los eventos estimulatorios negativos (tales como gritarles a las vacas, usar perros para perseguirlas o pegarles) estimula la liberación de la hormona adrenalina. La adrenalina hace que los vasos sanguíneos se contraigan y reduce el efecto de la oxitoxina.

Composición de la leche

La leche normal de vacas lecheras de alta producción, Holstein o Fiesian está compuesta de agua (87%), grasa (3.8%), proteína (3.4%), azúcares (ej. lactosa, 4.5%) y otros sólidos tales como minerales (1.3%). La leche también contiene un número de componentes menores que incluyen células epiteliales desechadas y células de glóbulos blancos. La leche de alta calidad debe ser de apariencia blanca, no tener ningún olor desagradable y estar libre de sustancias anormales tales como pesticidas, agua añadida o residuos de antibióticos y antisépticos.

En los países más desarrollados la calidad de la leche se define por el *contaje celular somático (SCC)* y el *contaje bacteriano ("contaje estándar o SPC)* en tanques de leche al granel pre pasteurizadas. Las células somáticas están compuestas de células blancas (WBC) y ocasionalmente células epiteliales desechadas. La mayoría de células que se encuentran en leche normal de bovinos son un tipo de WBC (macrófagos) que funcionan como una señal temprana cuando las bacterias invaden la ubre. (Tabla 1)

Tabla 0 1. Células Somáticas encontradas en la leche de bovinos^a

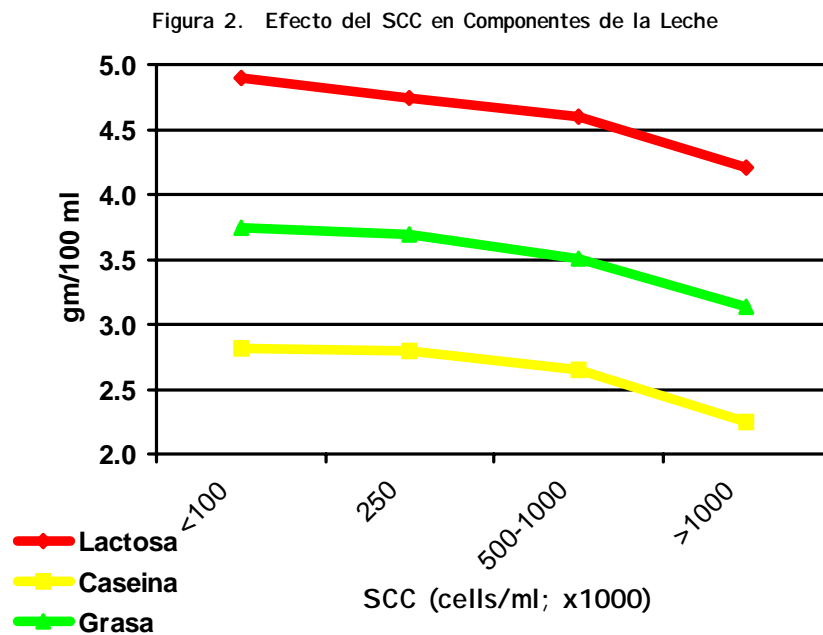
Tipo de célula	Leche normal (%)	Mastitis subclínica
Neutrófilos	0 – 11%	>90%
Macrófagos	66 – 88%	2 – 10%
Linfocitos	10 – 27%	
Células epiteliales	0 – 7 %	0 – 7 %

^aadaptados de Lee et al., 1980

El mayor factor que influencia la SCC de la leche es la mastitis (Harmon, 2001). El SCC de una vaca que no está infectada con mastitis es usualmente menor de 200,000 células/ml y muchas vacas mantienen valores SCC de menos de 100,000 células/ml. Cuando la mastitis causa la invasión de bacterias en la ubre, los macrófagos presentes en la ubre dan la señal al sistema inmunológico de la vaca y mandan neutrófilos a la ubre para rodear y destruir la bacteria. Más del 90% del SCC en glándulas infectadas está compuesto de neutrófilos y un SCC de más de 200,000 células/ml casi siempre lo causa la mastitis.

La mayoría de procesadores de leche prefieren comprar leche con SCC bajos y en Estados Unidos muchos procesadores ofrecen incentivos financieros a los granjeros por leche de alta calidad. La leche con alta SCC no es deseable para los procesadores puesto que reduce la vida en percha de los productos lecheros y disminuye la calidad y cantidad de proteína de la leche, reduciendo así la producción de queso. (Figura 2; Schalibaum, 2001). La infección con patógenos de la mastitis causa daños a las células secretoras y reduce la síntesis de la lactosa, grasa y proteína. Las infecciones de mastitis subclínica y clínica también aumentan la permeabilidad de las membranas celulares y permiten el goteo de componentes de sangre hacia la leche reduciendo más aún la producción y calidad.

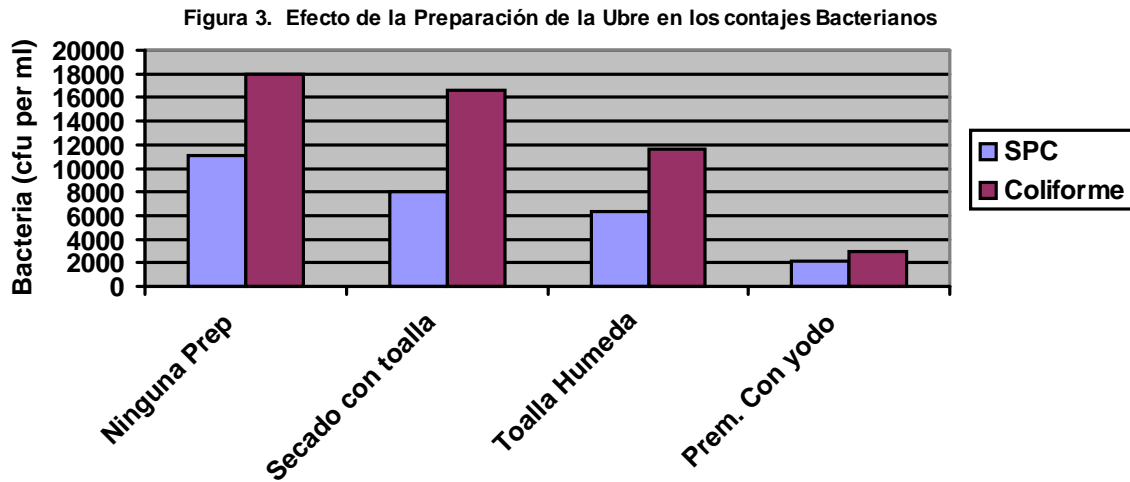
El SCC también es importante para el productor lechero porque la bien documentada relación entre la mastitis subclínica (según medida por SCC) y la producción de leche. Una revisión de 19 monografías que estudiaban la relación concluyó que cada aumento al doble de la SCC sobre 50,000 células/ml causaba una pérdida de 0.4 a 0.6 kg de leche por día en vacas primíparas y multíparas respectivamente. Se estima que la producción total de leche de lactancia se reduce en 80 kg para primíparas y 120 kg para multíparas por cada doble de aumento en la media geométrica SCC sobre 50,000 células/ml.



El otro gran criterio para la calidad de la leche es el contaje bacteriano. Hay varios métodos que se usan para evaluar la cantidad de bacteria presente en la leche, pero el método más común se conoce como el contaje standard de placa (SPC) o contaje de placa en asa (PLC). Esta prueba sencilla se hace contando el número de colonias de bacterias que crecen después de que se ha incubado un ml de leche en medios estándar durante 48 horas a 32C. El SPC debe ser menos de 5000 de unidades formadoras de colonias (cfu) si las vacas y equipo sanitario son buenos y el enfriamiento de la leche se ha efectuado adecuadamente. La leche es un excelente medio de crecimiento de bacterias y un pequeño número de bacteria en la leche puede crecer rápidamente a números muy altos especialmente si la leche no ha sido enfriada en forma adecuada. La bacteria en la leche puede originarse o de la mastitis o de la contaminación de la leche con los patógenos ambientales durante el ordeño o el proceso de manejo de la leche. La falla de limpiar en forma adecuada el equipo de ordeño a menudo se asocia con los altos contajes bacteriales. La leche de alta calidad se origina de vacas sanas que están libres de mastitis. La mayoría de organismos de mastitis no eliminan continuamente altas cifras de bacteria y por lo tanto a menudo se asocian únicamente con SCC alto antes que con SPC alto. Las infecciones de Mastitis causadas por algunos estreptococos spp, pueden, sin embargo estar asociados con contajes bacterianos incrementados en la leche. La Mastitis causada por *Streptococci agalactia* and *Streptococci uberis* ha sido asociada frecuentemente con contajes bacterianos incrementados en leche en tanques al granel.

Cuando el contaje bacteriano se incrementa hay dos pruebas adicionales que se pueden llevar a cabo para ayudar a identificar la fuente de la bacteria de la leche (Reinemann, 1997) El Contaje pasteurizado de laboratorio (LPC) es simplemente un SPC que se lleva a cabo en la leche que ha sido pasteurizada calentándola a 63 C por 30 minutos. Este procedimiento debe matar las bacterias que causan la mastitis que viven en la ubre y dejan organismos que se originan en el entorno y pueden sobrevivir altas temperaturas. El LPC debe ser bajo 100 a 200 cfu si el equipo de limpieza y sanidad es adecuado. Un LPC menos de 10 cfu indica una excelente higiene del equipo. Un contaje de coliformes se puede llevar a cabo para identificar las bacterias que se originan por contaminación fecal de la leche. Las bacterias coliformes pueden contaminar la leche debido a una mala preparación de la ubre o manejo antihigiénico de las maquinas ordeñadoras. Esta prueba se lleva a cabo en medios especializados (agar bilis rojo violeta) y debe ser menor de 100 cfu para la leche que se destina a pasteurización antes del consumo y menos de 10 cfu si se consumirá la leche cruda. Los coliformes se pueden incubar en las películas residuales dejadas en las superficies en contacto con la leche tal como tuberías o equipo de ordeño. Los contajes de coliformes mayores de 1000 sugieren una incubación y se debe investigar el proceso de limpieza del equipo.

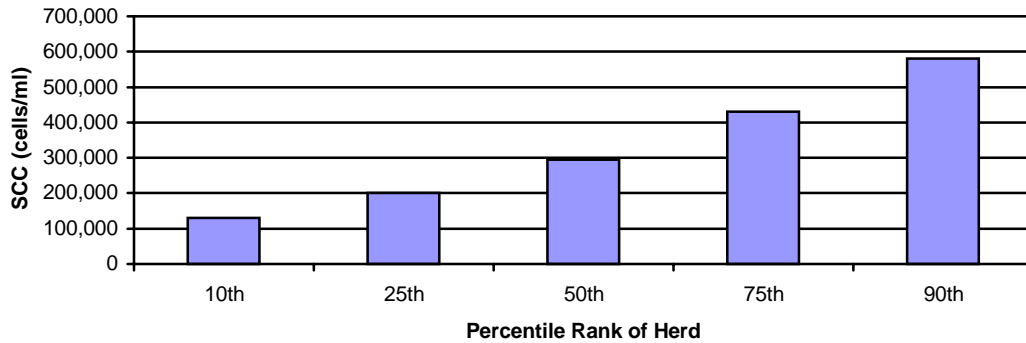
La adecuada preparación de las vacas en el preordeño puede tener un impacto importante en los contajes bacteriales de la leche (Figura 3; Galton et al., 1986).



Lineamientos regulatorios

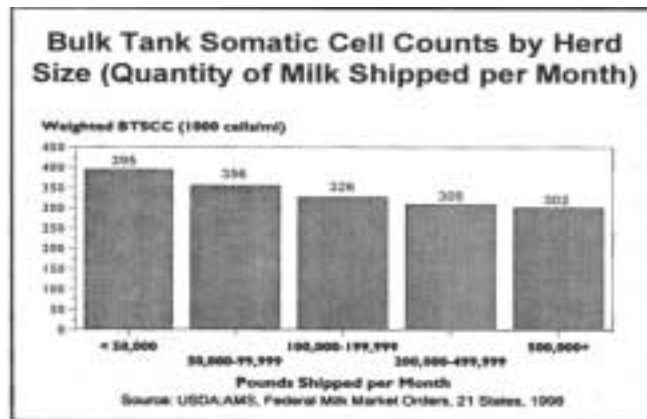
En todas las naciones desarrolladas, los funcionarios regulatorios fijan los SCC y SPC máximos permitidos. En los Estados Unidos se permite que los estados determinen sus propios estándares de calidad siempre que éstos cumplan o excedan los definidos por la Ordenanza de Pasteurización de la Leche (PMO), un documento administrado por la Administración de Alimentos y Medicinas. Desde 1986, los límites de PMO para SCC y bacteria han sido disminuidos gradualmente. El límite superior actual de PMO para tanque al granel SCC es 750,000 células/ml. Los estándares actuales de calidad de leche en Wisconsin incluyen los siguientes requerimientos: 1) ninguna adulteración visible u olor que pueda ser objetado, 2) contajes estándar de placas de <100,000 cfu y <300,000 cfu para leche de Grado A y Grado B respectivamente, 3) ningún residuo de medicinas, 4) SCC <750,000, 5) temperatura < 7.2° y 10° C para leche de Grado A y Grado B respectivamente y 6) ningún residuo de pesticidas. Aunque los estándares de Estados Unidos para SPC son comparables a los países similares, el actual límite de Estados Unidos de US SCC es conspicuamente más alto que los estándares de Canadá y Europa (500,000 células/ml para Canadá y 400,000 células/ml para la mayoría de los Estados Unidos). En los Estados Unidos, los Centros para Epidemiología y Salud Animal supervisaron 35% de la leche de Estados Unidos desde 1994 a 1997 y reportaron un valor de media geométrica de 297,000 células/ml. En 1998, 50% de las granjas lecheras grado A de Wisconsin produjeron leche con un SCC de <290,000 células/ml (Figura 4).

Figure 4. Bulk Tank SCC Percentiles of Grade A Dairy Herds in Wisconsin in 1998



En base nacional, la leche de Estados Unidos se monitorea usando datos de las siete ordenes federales de mercadeo. A nivel nacional el rango promedio de SCC va de 300,000-400,000 células/ml. Los contajes de células somáticas son las más altas en la región con veranos calientes y húmedos y tienen una relación significativa con el tamaño del hato . (Figura 5)

Figura 5. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Información de SCC para 1998



El SCC de la leche no es solo una indicación de la calidad de la leche sino que también es un indicador de la posibilidad que el hato experimente un residuo de antibióticos. Los hatos lecheros con SCC >400,000 células/ml han demostrado tener un mayor riesgo de residuos de antibióticos (Ruegg y Tabone, 2000). En los estados unidos a cada camión tanquero de leche se le hacen pruebas sobre la presencia de antibióticos antes de que se descargue el tanque. Si se confirma que el camión da positivo a la presencia de antibióticos, se hacen pruebas a cada una de las muestras recogidas de cada granja para determinar cual granja contaminó la leche. Toda la carga del tanquero contaminado se desecha y el granjero responsable es multado. Una granja que viole repetidamente los estándares de residuos de antibióticos recibirá la prohibición de vender leche. Los residuos de antibióticos son indeseables por razones de salud pública y debido a su potencial impacto en el proceso de fabricación (Allison, 1985). Las regulaciones sobre leche en Estados Unidos prohíben la presencia de antibióticos en la leche para consumo humano para proteger a las personas hipersensitivas a la exposición de antibióticos específicos (principalmente penicilina) y para reducir la remota posibilidad de que emerjan organismos resistentes a los

antibióticos en la leche. Existen una serie de estudios que examinan las razones para residuos de antibiótico en leche. (Booth and Harding, 1986; McEwen et al, 1991; Oliver et al, 1990; Wilson et al, 1998) El tratamiento de mastitis es la razón más común para el uso de antibióticos en las granjas lecheras. El uso de antibióticos intramamarios y los errores respecto al período de retención de la leche son las razones que se citan con mayor frecuencia para la presencia de residuos de antibióticos.

Reconociendo problemas de calidad de leche en hatos

La percepción de problemas de mastitis varía tremendamente entre granjas. El punto de referencia más frecuente respecto a la calidad de la leche es el conteo celular somático en tanques a granel (BTSCC). Todas las granjas lecheras tienen información sobre el conteo bacteriano y de BTSCC proporcionadas por su comprador de leche. El BTSCC generalmente refleja la prevalencia de mastitis subclínica que un hato lechero está experimentando. Las metas del BTSCC deben fijarse individualmente pero es posible lograr la producción consistente de leche con BTSCC <250,000 en muchas granjas lecheras. Las metas de BTSCC se deben fijar en forma individual en base al estado actual de la granja, pero el objetivo final debe ser despachar en forma consistente leche con un **BTSCC <250,000 cells/ml**.

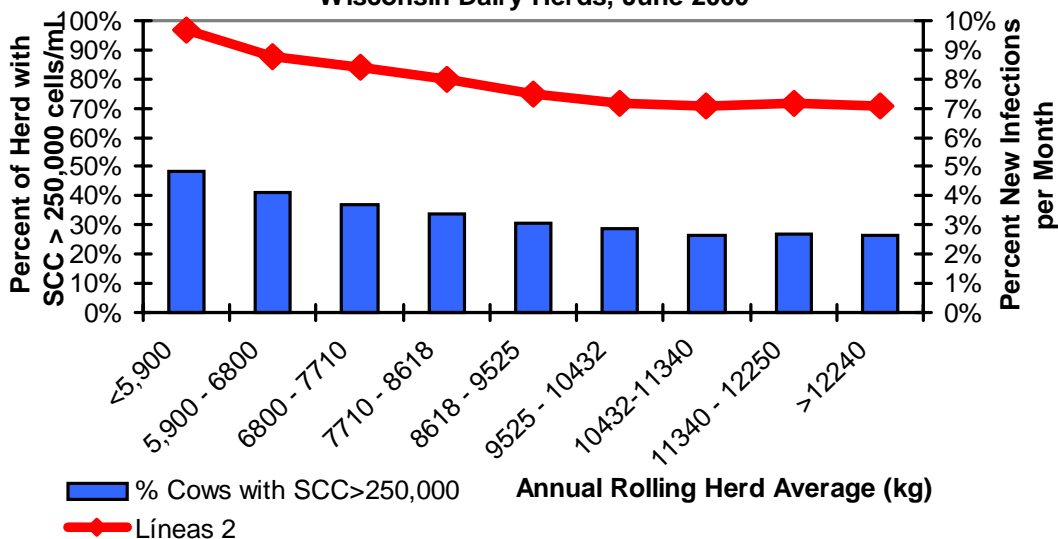
Los valores de BTSCC pueden verificar la existencia de un problema de mastitis pero no definen el problema ni en un hato ni en base de animales individuales. También el BTSCC y los promedios simples de valores de SCC de vacas individuales pueden ser engañoso. Considere un Hato "A" hipotético con 10% de prevalencia de mastitis subclínica (solo 1 de 10 vacas tiene SCC de >250,000 ; Tabla 2). Debido a la alta producción y alto SCC de la "Vaca 10" el BTSCC para el Hato A es 825,000 células/ml y el promedio aritmético (no ponderado) de SCC de vacas individuales es 390,000 células/ml. En el hato hipotético "B" el 90% de las vacas tiene mastitis subclínica (9 de 10 vacas con SCC >250,000) pero el BTSCC es solo de 250,000 células/ml y el promedio simple de SCC de vacas individuales es 280,000 células/ml. Los problemas subyacentes de mastitis para estos hatos son dramáticamente diferentes.

Tabla 2. Datos de SCC para dos hatos hipotéticos

<u>Hato hipotético A</u>				<u>Hato hipotético B</u>			
Vaca	SCC (x1000)	Leche (kgs)	Prom. Peso. (SCCxkgs)	Vaca	SCC (x1000)	Leche (kg)	Prom. Peso (SCCxkgs)
1	100	22.7	2270	1	300	22.7	6804
2	100	22.7	2270	2	300	22.7	6804
3	100	22.7	2270	3	300	22.7	6804
4	100	22.7	2270	4	300	22.7	6804
5	100	22.7	2270	5	300	22.7	6804
6	100	22.7	2270	6	300	22.7	6804
7	100	22.7	2270	7	300	22.7	6804
8	100	22.7	2270	8	300	22.7	6804
9	100	22.7	2270	9	300	22.7	6804
10	3000	68.0	204000	10	100	68.0	6800
BTSCC estimado: 224,430/272 = 825 (x1000)				BTSCC estimado: 68036/272 = 250 (x1000)			

La prevalencia de mastitis subclínica dentro de un hato (el porcentaje de vacas con SCC>250,000) se puede determinar obteniendo los valores de SCC para vacas individuales o haciendo la Prueba de Mastitis California (CMT) en cada vaca. La prevalencia de mastitis subclínica depende de dos factores 1) la nueva tasa de infección (el porcentaje de vacas que desarrollan nuevas infecciones subclínicas) y 2) la duración de cada infección subclínica. La mastitis causada por los patógenos ambientales (coliformes, y estreptococos ambientales) es generalmente de menor duración que la mastitis causada por patógenos contagiosos (*Staph. aureus*, *Strep. ag* and *Mycoplasma bovis*). La implementación de medidas efectivas de control que reducen la tasa de nuevas infecciones puede resultar en rápidas reducciones del BTSCC cuando las bacterias ambientales son los patógenos primarios. Las mejoras más graduales en BTSCC se ven generalmente cuando los programas de control para patógenos contagiosos son introducidos. En Estados Unidos desechar las vacas que se infectan crónicamente con patógenos contagiosos es una estrategia común para reducir el BTSCC. Muchos programas de control de mastitis para mastitis contagiosos se enfocan mucho en el desecho antes que en el control de nuevas infecciones. Las metas comunes de la industria para la mastitis subclínica son: **85% de las vacas con contajes somáticos celulares $\leq 250,000$ y menos que $<5\%$ de vacas que desarrollan nueva infección de mastitis subclínica cada mes** Aunque muchos hatos alcanzan estas metas, muchos otros hatos experimentan considerablemente más mastitis subclínica que lo que se espera. El resultado de los hatos lecheros de Wisconsin que pertenecen a una Asociación de Mejora de Hatos Lecheros aparece en la figura 6. Existían >7000 hatos incluidos en la información y ninguna categoría de tamaño tenía <40 hatos contribuyentes. Aproximadamente 40 - 50% de las vacas fueron infectadas con mastitis subclínica en hatos de baja producción y 29% de las vacas fueron infectadas en hatos de alta producción. Menos del 5% de las vacas fueron infectadas con mastitis subclínica en el 10% superior de estos hatos.

Figure 6: DHI Herd Summary Data by Production Level for Wisconsin Dairy Herds, June 2000



Reconociendo el problema de calidad de leche en vacas

Para *vacas individuales*, la mastitis subclínica se define en base de sus valores SCC o puntajes CMT . Cualquier vaca sin considerar la parición o estado de lactancia con un SCC de $\geq 250,000$ está

probablemente infectada con mastitis subclínica. Hay otras formas en que se pueden describir los valores de SCC para vacas individuales. El CMT es una medida indirecta del SCC i a falta de reportes de SCC de vacas individuales se puede usar para todas las vacas para determinar su grado de infección. El sistema tradicional de puntaje CMT se basa en una escala de 5 puntos (negativa, rastro, 1,2,3). Sin embargo todos los cuartos con trazas o más tienen RCS de por lo menos 300,000 células/ml y deben ser consideradas con mastitis subclínica. Un método común de reportar valores de SCC de vacas individuales es el logaritmo o resultado SCC (o log) Los resultados lineales SCC se desarrollaron debido a que los valores SCC normalmente no son distribuidos, por lo tanto el promedio del valor SCC no es una buena representación del estado de infección del hato. La relación aproximada entre los contejos de SCC, puntajes lineales somáticos celulares y pérdida de producción se demuestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Relación entre el puntaje somático celular y el contejo somático celular

Puntaje Somático	Punto medio contejo somático celular (células/ml)	Rango aproximado (células/ml)	Pérdida estimada de leche (kg por lactación) ^a	
			Lactación 1	Lactación 2+
0	12,500	0 a 17,000	0	0
1	25,000	18,000 a 34,000	0	0
2	50,000	35,000 a 70,000	0	0
3	100,000	71,000 a 140,000	90	180
4	200,000	141,000 a 282,000	180	360
5	400,000	283,000 a 565,000	270	540
6	800,000	566,000 a 1,130,000	360	720
7	1,600,000	1,131,000 a 2,262,000	450	900
8	3,200,000	2,263,000 a 4,525,000	540	1080
9	6,400,000	>4,526,000	630	1260

^aconversión aproximada de libras

Es fundamental entender la relación entre la producción de leche de alta calidad y la cantidad de mastitis clínica y subclínica en el hato para la rentabilidad del negocio lechero. En la economía globalizada, los consumidores cada vez más demandan que los productos alimenticios sean producidos por animales saludables, bien cuidados. El cumplir con las expectativas de los consumidores asegurará la continuación de una industria lechera próspera y estable

Referencias

1. Allison, J. R. D., 1985. Antibiotic residues in milk. *Br. Vet. J.* 141(1):121-124.
2. Booth, J. M., and F. Harding. 1986. Testing for antibiotic residues in milk. *Vet. Rec.* 119:565-569.
3. Galton DM, Petersson LG, Merrill WG. 1986. Effects of premilking udder preparation practices on bacterial counts in milk and on teats. *J Dairy Sci* 69:260-266.
4. Harmon RJ. 2001. Somatic cell counts: a primer. Pp 3-9 in *Proc. Natl. Mastitis Coun. 40th Annual Meeting.*, Feb 11-14, 2001 Reno, NV.
5. Hortet P, Seegers H. Calculated milk production losses associated with elevated somatic cell counts in dairy cows: review and critical discussion. 1998. *Vet Res.* 29(6):497-510.
6. Lee CS, Wooding FBP, Kemp P. 1980. Identification properties, and differential counts of cell populations using electron microscopy of dry cows secretions, colostrums and milk from normal cows. *J Dairy Res.* 47:39.

7. Ott, SL, Smith, MA. Bulk tank somatic cell counts of milk in 21 states, 1998. 2000. pp 150-151 in Proceedings of the 39th annual meeting of National Mastitis Council, Arlington VA. Natl Mast Coun. Madison WI.
8. McEwen, S. A., A. H. Meek, and W. D. Black. 1991. A dairy farm survey of antibiotic treatment practices, residue control methods and associations with inhibitors in milk. J. Food Prot. 54:454-459.
9. Oliver, S.P, J. L. Maki, and H. H. Dowlen. 1990. Antibiotic residues in milk following antimicrobial therapy during lactation. J. Food Prot. 53:639-696.
10. Reinemann DF. 1997. Bulk tank cultures are the dairyman's best friend. WWW.uwex.edu/milkquality
11. Ruegg PL, Tabone TJ. The relationship between antibiotic residue violations and somatic cell counts in Wisconsin dairy herds. 2000. J Dairy Sci. 83:2805-2809.
12. Schallibaum M. 2001. Impact of SCC on the quality of fluid milk and cheese. Pp 38-46 in Proc. Natl. Mastitis Coun. 40th Annual Meeting., Feb 11-14, 2001 Reno, NV.
13. Shook, GE, 1982. Approaches to summarizing somatic cell counts which improve interpretability. Pp 150-166 in Proc. 21st Ann. Meet Natl. Mast Coun. Natl. Mastitis Council., Inc., Madison, WI.
14. Wallace RL. Detecting herd mastitis problems by computer. 2000. Pp 68-78 in Proc. 39th Ann. Mtg. Natl. Mastitis Council, Atlanta GA. Natl. Mastitis Council., Inc., Madison, WI.
15. Wilson, D. J., P. M. Sears, and L. J. Hutchinson. 1998. Dairy producer attitudes and farm practices used to reduce the likelihood of antibiotic residues in milk and dairy Beef: A five state survey. Large Anim. Pract. 19:24-30.