

Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche (Importance of the somatic cells count in the quality of milk)

Hernández Reyes, Juan Manuel Médico Veterinario Zootecnista (Tesista). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México | **Bedolla Cedeño, José Luís Carlos** Investigador de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México. E-mail: bedolla@yahoo.com.mx

REDVET: 2008, Vol. IX, N° 9

Recibido: 12.03.08 / Referencia provisional: J003_RED VET / Revisado: 03.07.08 / Referencia definitiva: 090904_RED VET / Aceptado: 08.08.08 / Publicado: 01.09.08

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908.html> concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090908/090904.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®. Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con REDVET® - <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

Resumen

Este trabajo es una revisión sobre la importancia de las células somáticas en la calidad de la leche. Las células somáticas son, entre otras, células blancas propias del organismo que le sirven como defensa a la glándula mamaria de la vaca contra organismos patógenos. La determinación del contenido de células somáticas de la leche del tanque, o de los cuartos de la glándula mamaria de las vacas, es el medio auxiliar de diagnóstico más importante para juzgar el estado de salud de la ubre de un hato. Con los resultados de las células somáticas se corrobora la calidad de la leche, lo que le garantiza a la población consumir productos de buena calidad y de buena presentación, y al ganadero obtener una mayor producción al tener su hato sano y por lo tanto, mayores ingresos por venta de la leche.

Palabras clave: Glándula mamaria | células somáticas | calidad | leche | mastitis.

Abstract

This work is a revision on the importance of the somatic cells in the milk quality. The somatic cells are own white cells of the organism that serve to him like defense to the mammary gland of the cow against pathogenic organisms. The determination of the content of somatic cells of the milk of the tank, or the quarters of the bovine mammary gland, is the auxiliary of diagnosis more important to judge the state of health of udder in dairy farms. With the results of the somatic cells, the quality of milk is controlled, with guarantees of good quality and presentation, the cattle dealer also obtain a greater production when having its healthy cattle ranch and therefore, greater income by sale of milk.

Key words: Mammary gland | somatics cells| quality | milk | mastitis.

1. INTRODUCCIÓN

Hablar de calidad de la leche significa, para el consumidor productos de buena calidad y, de buena presentación y para el ganadero mayor producción al tener su hato sano y por lo tanto, mayores ingresos por venta de la leche.

Las células somáticas son células blancas propias del organismo que le sirven como defensa a la glándula mamaria de la vaca contra organismos patógenos.

La importancia del conteo de células somáticas en la leche es que podemos conocer si la leche que obtenemos de la glándula mamaria es de buena calidad, así mismo, conoceremos el estado de salud de la misma al obtener un número elevado de células somáticas.

En el territorio mexicano los premios por calidad de leche se basan primordialmente en los porcentajes de grasa, crioscopía, redactase, proteína y específicamente por tener niveles bajos de células somáticas (García, 2003).

El conteo de células somáticas (CCS) es el número de células por mililitro de leche, es por consiguiente un indicador útil para la concentración de leucocitos en leche. El CCS, es usado como un indicador de la salud de la glándula mamaria (Bradley y Green, 2005).

La determinación del contenido de células somáticas de la leche, del tanque, de la vaca o de los cuartos de la ubre es el medio auxiliar de diagnóstico más importante, para juzgar el estado de salud de la ubre de un hato. Con los resultados de las células somáticas se corrobora la calidad de la leche; también, es necesario obtener los resultados del tanque cuatro veces por mes (Wolter y Kloppert, 2004).

En el documento se hace referencia a la anatomía y fisiología de la glándula mamaria, los mecanismos de defensa de la glándula, qué es la leche y sus componentes, qué son las células somáticas, sus funciones y el impacto que tienen éstas sobre la calidad de la leche, así como, las soluciones para obtener niveles bajos de dichas células en la leche.

El objetivo del presente trabajo fue hacer una revisión sobre la importancia que tiene el control de las células somáticas en la calidad de la leche en la industria lechera. Un nivel de células somáticas bajo o dentro de un rango aceptable por las pasteurizadoras, les garantiza a los productores que su leche sea de mejor calidad y mejor pagada. Asimismo, les permite tener un hato libre de enfermedades.

2. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LA GLÁNDULA MAMARIA

Las glándulas mamarias son glándulas dérmicas modificadas, que se clasifican como glándulas exocrinas cuya función es secretar leche para la alimentación de los animales jóvenes, durante períodos diversos de vida post-natal; crecen durante la preñez y comienza a secretar leche después del parto (Báez, 2002; Bath, 1982).

La glándula mamaria de la vaca comprende las siguientes estructuras anatómicas: Una estructura externa formada por un aparato suspensorio, una estructura interna que consta de un estroma (armazón de tejido conectivo) y un parénquima (parte epitelial y secretora) que generalmente cuando está en reposo tiene una coloración gris amarillenta o ámbar y que cuando está en producción tiene una coloración rosa pálido, además de los conductos, vasos y nervios (Gasque y Blanco, 2001).

2.1. Aparato suspensorio de la glándula mamaria

El aparato suspensorio de la glándula está constituido por los siguientes 6 elementos:

- a) La piel, que colabora en la suspensión y estabilización de la glándula. Proporciona poco soporte a la ubre, pero protege el interior de la glándula contra fricciones y bacterias.
- b) La fascia *superficial o tejido subcutáneo* sujeta la piel a los tejidos anexos.

c) El ligamento *suspensorio lateral superficial*, que está parcialmente constituido de tejido elástico, pero principalmente por tejido conjuntivo fibroso blanco.

d) Ligamento suspensorio lateral profundo, son dos ligamentos que se originan del tendón subpélvico envolviendo a la ubre, se insertan en la superficie convexa de la misma y por medio de numerosas fibras emitidas penetran hacia el interior de la glándula, continuándose con la red intersticial propia de la glándula.

e) El tendón subpélvico, prácticamente no forma parte de las estructuras de suspensión, pero es el que da origen a los ligamentos laterales superficiales y profundos.

f) El ligamento suspensorio medio es la principal estructura de soporte de la ubre. La elasticidad del ligamento suspensorio medio es necesaria para permitir que la ubre aumente de tamaño al llenarse de leche (Schmidt, 1974).

2.2. Anatomía microscópica de la glándula mamaria

Los alvéolos son pequeñas estructuras como saco de forma esférica, tiene un lumen y están forrados de células epiteliales, estas células son las unidades básicas de secreción láctea de la glándula mamaria. Más de la mitad de la leche que se almacena en la glándula mamaria, se encuentra en el lumen de los alvéolos, el resto se almacena en los conductos que van de los lobulillos a los lóbulos (Fique, 1982).

El tejido secretor de la glándula mamaria está constituido de pequeños lóbulos y septos. Los séptos se derivan de las láminas del ligamento suspensorio medio. Cada lóbulo glandular está integrado por una serie de lobulillos. Los lobulillos están formados por un grupo aproximado de 150 a 220 alvéolos dispuestos en racimos sostenidos por un estroma delicado, los alvéolos se separan entre sí por las arterias, venas y la lámina propia.

Los alvéolos que forman el lobulillo se vacían en pequeños conductos dentro del mismo, llamados conductos intralobulillares, que desembocan en un espacio colector central del cual emergen los conductos interlobulillares. Dentro del lóbulo los conductos interlobulillares se unen para formar un solo conducto intralobular, que al salir del lóbulo se llaman interlobulares. Estos conductos pueden unirse directamente a la cisterna de la glándula o unirse a otros conductos galactóforos antes de entrar a la cisterna. Muchos de estos conductos presentan en sus extremos un estrechamiento, mientras que en la parte media se ensanchan. Esto permite almacenar la leche entre ordeños para que ésta no caiga a las cisternas de la glándula y del pezón por gravedad (Gasque y Blanco, 2001).

La cisterna de la glándula y los conductos galactóforos también sirven como sitios colectores de leche (Gasque y Blanco, 2001), y tienen una capacidad aproximada de 100-400 ml (Báez, 2002).

La cisterna de la glándula es una cavidad situada arriba del pezón, y presenta un tamaño variable. La cisterna del pezón es una cavidad que se localiza justamente abajo de la cisterna de la glándula dentro del pezón. Entre la cisterna de la glándula y la cisterna del pezón existe una constricción circular llamada pliegue anular (Gasque y Blanco, 2001; Schmidt, 1974).

La cisterna del pezón sale al exterior por un orificio angosto llamado conducto del pezón o meato del pezón, el cual tiene una longitud de 4 a 8 mm, variando su diámetro de 2 a 3 mm. Este conducto se abre cuando se aplica presión al pezón durante el ordeño (Gasque y Blanco, 2001).

2.3. Irrigación de la glándula mamaria

En general, las glándulas mamarias de un mismo lado, reciben sangre de la arteria pudenda externa del lado correspondiente y sólo una pequeña parte de cada glándula recibe irrigación complementaria de la arteria pudenda interna. La arteria pudenda externa presenta dos gruesas ramas en la glándula mamaria conocidas como la arteria mamaria craneal y la arteria mamaria caudal, cuando atraviesa el anillo inguinal (Frandsen, 1992).

2.4. Sistema linfático de la glándula mamaria

La circulación linfática de la glándula mamaria se lleva a cabo desde los espacios intercelulares hasta los nódulos linfáticos y de aquí retorna el fluido a la circulación venosa. Generalmente presenta un nódulo linfático en cada mitad que se conocen como nódulos linfáticos supramamarios, localizados en la parte superior y posterior de la glándula. La linfa se desplaza debido a una diferencia de presión, originada en la respiración y en los capilares, así como por la contracción muscular (Gasque y Blanco, 2001).

2.5. Sistema nervioso de la glándula mamaria

La inervación es principalmente simpática. Los primeros nervios lumbares mandan fibras a la superficie anterior de la glándula mamaria y a la pared abdominal adyacente. Los segundos nervios lumbares inervan la parte anterior de la ubre y al tejido glandular correspondiente. Ramas de los nervios lumbares segundo, tercero y cuarto se unen para formar los nervios inguinales que entran a la ubre por el canal inguinal. Las ramas de estos nervios inervan el tejido glandular, el sistema de conductos, los pezones y la piel. Una pequeña rama de cada nervio inguinal posterior inerva el ganglio linfático supramamario (Schmidt, 1974).

Los nervios perineales que se derivan de los nervios sacros segundo, tercero y cuarto entran a la glándula mamaria con las arterias y venas perineales inervando la parte posterior de la misma. La principal función de las fibras nerviosas simpáticas en la glándula es el control del suministro de sangre y la inervación de la musculatura lisa que rodea los conductos colectores de leche y los músculos del conducto del pezón (Gasque y Blanco, 2001).

2.6. Secreción de leche

La secreción de la leche es un proceso continuo y que es reversible, la leche no extraída de la ubre es reabsorbida cuando la presión externa sobre el alvéolo llega a ser de 30 a 40 mm de mercurio. Un periodo prolongado sin extraer la leche o sin ordeña o incompleto determinan una reducción en la secreción de leche y la involución del tejido secretor. La leche se produce con mayor rapidez inmediatamente después del ordeño. A medida que aumenta la presión de la glándula mamaria, la velocidad de producción disminuye hasta que se establece un equilibrio. Si no se extrae la leche durante un periodo prolongado, hay reabsorción. Esto explica que se pueda obtener una cantidad de leche apreciablemente mayor en las vacas de alta capacidad productiva, ordeñándolas tres o cuatro veces al día, que haciéndolo solo dos veces al día (Gasque y Blanco, 2001).

2.7. Iniciación de la secreción de la leche

Para que inicie la lactación es necesario un equilibrio hormonal específico. Parece ser esencial para la lactación la presencia de una hormona llamada prolactina que se secreta por la glándula pituitaria (Gasque y Blanco, 2001). La prolactina es la hormona dominante en la iniciación de la lactancia, estimulada por el amamantamiento, así como otros estímulos además que debe interactuar con otras hormonas para conseguir su mayor efecto. Las hormonas que son sinergistas de la prolactina para estimular la lactancia, son: El cortisol, la hormona del crecimiento, la hormona tiroidea y la insulina (Fuquay, 1982).

Hay otras hormonas esenciales para la producción de leche (hormona foliculo estimulante y la progesterona). La ausencia de las hormonas de glándulas adrenales y de la tiroides y de las hormonas de la pituitaria, aparte de la prolactina, inhiben o detienen la lactación (Gasque y Blanco, 2001).

2.8. Mecanismo de liberación de la leche

Cuando la secreción de la leche ha seguido por un largo periodo después de un ordeño, los alvéolos, los conductos y las cisternas de la glándula y del pezón están llenos de leche. La leche de la cisterna y de los conductos grandes se puede extraer fácilmente (Ruckbusch *et al.*, 1994).

La leche de los conductos pequeños y de los alvéolos fluye con mayor dificultad. No obstante, hay en la vaca y en las hembras de otros mamíferos un mecanismo para que salga la leche de la glándula mamaria, para que se inicie la reacción es necesario un estímulo del sistema nervioso central (Gasque y Blanco, 2001; Ruckbusch *et al.*, 1994).

El mecanismo usual es el estímulo de las terminaciones de los nervios de los pezones, que son sensibles al tacto, a la presión y al calor. La acción que ejerce la becerria al mamar es ideal para ello. Sin embargo, el método usualmente empleado es el masaje de la ubre o su lavado con agua caliente. El estímulo es llevado por los nervios al cerebro, que está conectado con la glándula pituitaria localizada en su base. Se activan ciertos mecanismos de la glándula pituitaria que hacen que se desprendan la hormona oxitocina del lóbulo posterior. La oxitocina es llevada por la sangre hasta la ubre, donde actúa sobre las pequeñas células mioepiteliales que rodean al alvéolo, haciendo que se contraigan. La presión creada de este modo, obliga a la leche a salir del alvéolo y de los conductos pequeños, con la rapidez con que vaya siendo extraída por el pezón (Gasque y Blanco, 2001).

3. MECANISMOS DE DEFENSA DE LA GLÁNDULA MAMARIA

La glándula mamaria está protegida por una variedad de mecanismos de defensa que pueden ser clasificados en dos categorías: Inmunidad innata e inmunidad específica. La inmunidad innata se conoce también como respuesta inespecífica, y es la defensa predominante durante las etapas tempranas de una infección. El sistema de defensa de la glándula mamaria se lleva a cabo a través de la sangre y los vasos linfáticos del cuerpo. La respuesta inespecífica está presente o es rápidamente activada en el sitio de la infección por numerosos estímulos; sin embargo, no se aumenta por exposición repetida al mismo daño. Las respuestas inespecíficas o innatas de la glándula mamaria están mediadas por la barrera física del extremo del pezón, macrófagos, neutrófilos y células NK (asesinas naturales), y por ciertos factores solubles (Sordillo *et al.*, 1997).

Es probable que los mecanismos protectores de la glándula mamaria no funcionen a su máxima capacidad en la variante biológica que constituye la vaca lechera moderna. La leche ayuda a prevenir la invasión de algunos patógenos potenciales, y por sí mismo este líquido contiene inhibidores bacterianos (lacteninas) y células fagocitarias. El tejido mamario sintetiza localmente IgA, aunque muchas de las células que la producen derivan de precursores originados en el tubo digestivo. Estas células son una fuente de anticuerpos contra los microorganismos patógenos intestinales. Por lo contrario, la IgG se transfiere de manera selectiva por un mecanismo de transporte activo desde el suero (Tizard, 1998).

4. BARRERAS DEL PEZÓN

El esfínter del canal del pezón impide la entrada de bacterias. La amplitud de éste tiene una estrecha relación con el funcionamiento del esfínter. El crecimiento del epitelio se dirige hacia el exterior en la desembocadura del canal, eso también sirve para evitar la entrada de bacterias. Mediante el flujo de la leche hacia fuera (por la ordeña o cuando el becerro mama) se expulsan los agentes patógenos del canal (Wolter *et al.*, 2004).

La roseta de Füstemberg forma una corona en el paso del canal del pezón a la cisterna de éste. Los pliegues de la roseta no sólo tienen una función mecánica de cierre sino también sirven como mecanismo de defensa. La queratinización intensiva del epitelio del canal del pezón forma una capa lactosada bactericida que representa una barrera muy efectiva contra agentes extraños. Si bien ese tapón de queratina desaparece casi completamente durante la ordeña, después de 2 a 3 horas de ésta se restablece completamente (Wolter *et al.*, 2004).

5. CÉLULAS DE DEFENSA Y MEDIADORES DE LA INFLAMACIÓN

Los linfocitos, las células plasmáticas y los macrófagos se pueden encontrar en un número escaso en el tejido conjuntivo de la glándula mamaria bovina. En la glándula sana se observa un paso muy escaso de los granulocitos neutrófilos de la sangre hacia el epitelio alveolar y de ahí a la leche. En caso de que haya una invasión muy fuerte de bacterias, aumentará el número de granulocitos en los vasos sanguíneos y también, en consecuencia, el número de células somáticas en la leche. Diferentes mediadores químicos desencadenan esas reacciones inflamatorias como consecuencia de la acción de agentes patógenos o de algún otro estímulo (Sordillo *et al.*, 1997; Wolter *et al.*, 2004).

Una reacción inflamatoria aguda es crucial para la defensa de los tejidos del hospedero contra patógenos invasores. Los leucocitos, especialmente los neutrófilos son los principales participantes de este mecanismo de defensa natural, y su migración al sitio de infección es determinante para el desenlace de la infección (Riollet *et al.*, 2000).

La fase aguda de la respuesta inflamatoria se refiere a la amplia gama de respuestas fisiológicas que se inician inmediatamente después de que ocurre una infección o trauma físico (Paape *et al.*, 2002).

5.1. Citocinas

Las citocinas son potentes moduladores de la inflamación y de la función inmune y han sido identificadas como mediadores de la respuesta del hospedero a la mastitis bovina (Erskine, 1998).

6. FUNDAMENTOS LEGALES PARA LA GANADERÍA LECHERA

La actual legislación mexicana en materia de producción láctea es todavía deficiente, y las características técnicas rebasan a las normas jurídicas; esto significa que se requiere una adecuación a las exigencias productivas en cuanto a calidad, higiene y salubridad. Una buena base legal para la producción de la leche acarrea beneficios, disciplina y buenas opciones productivas (Cabral y Aguilar, 2002).

Ante la necesidad de actualizar las normas mexicanas en el sistema producto leche, en septiembre de 2001 el Consejo Directivo del Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados (COFOCALEC) estimó pertinente participar en los procesos de normalización, con la colaboración de todos los integrantes de la cadena, así como de las instituciones académicas y de investigación del país, realizando para ello los trámites correspondientes ante la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía (COFOCALEC, 2005).

El COFOCALEC, es un organismo privado, sin fines de lucro, que se integra con el propósito fundamental de promover la calidad de la leche y sus productos en México a través de la normalización, el fomento y la evaluación de la conformidad, es decir, la determinación del grado de cumplimiento de las normas mexicanas y oficiales mexicanas o internacionales, prescripciones o características que aplican a este alimento importante. La misión es contribuir como Organismo Nacional en la regulación y promoción de la calidad de la leche y sus derivados, desde el productor hasta el consumidor, a través de los servicios de evaluación de la conformidad, de normalización y del fomento, así como de la integración y participación de los actores de la cadena en beneficio de la sociedad (Reyes, 2005).

COFOCALEC obtuvo el Certificado de Registro No. 0007, el 11 de junio de 2002, a través del cuál se le aprueba como Organismo Nacional de Normalización del Sistema Producto Leche (ONNSPL). El alcance del ONNSPL es el de elaborar, actualizar, expedir y cancelar normas mexicanas en el área de productos, equipos, procesos, servicios y métodos de prueba de Leche y sus Derivados, excepto alimentos para animales (Cuadro 1) Entrada en vigor a los 60 días naturales de su publicación en el Diario Oficial de la Federación. Fecha de actualización: 15 de agosto de 2005 (COFOCALEC, 2005).

Cuadro 1. *Catálogo de Normas del Consejo Directivo del Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados.*

CLAVE	TÍTULO	FECHA DE PUBLICACIÓN DE LA DECLARATORIA DE VIGENCIA	COSTO
NMX-F-700-COFOCALEC-2004	Sistema Producto Leche – Alimento – Lácteo – Leche cruda	23 de junio de 2004	\$ 190.00

	de vaca – Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.		
NMX-F-701-COFOCALEC-2004	Sistema Producto Leche – Alimentos – Lácteos – Determinación de cenizas en quesos – Método de prueba.	23 de junio de 2004	\$170.00
NMX-F-702-COFOCALEC-2004	Sistema Producto Leche – Alimentos – Lácteos – Determinación de fosfatasa residual en leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado, helados y sorbetes – Método de prueba.	23 de junio de 2004	\$ 170.00
NMX-F-703-COFOCALEC-2004	Sistema Producto Leche - Alimentos – Lácteos – Leche y producto lácteo (o alimento lácteo) – Fermentado o acidificado – Denominaciones, especificaciones y métodos de prueba.	30 de noviembre de 2004	\$ 190.00
NMX-F-704-COFOCALEC-2004	Sistema Producto Leche - Equipo para ordeño mecánico – Especificaciones y métodos de prueba.	30 de noviembre de 2004	\$ 220.00
NMX-F-705-COFOCALEC-2004	Sistema Producto Leche - Alimentos – Lácteos – Determinación de la cuenta total bacteriana, en leche cruda, por citometría de flujo – Método de prueba.	30 de noviembre de 2004	\$ 170.00
NMX-F-706-COFOCALEC-2004	Sistema Producto Leche - Alimentos – Lácteos – Determinación de la cuenta de células somáticas, en leche cruda, por citometría de flujo – Método de prueba.	30 de noviembre de 2004	\$ 170.00
NMX-F-707-COFOCALEC-2004	Sistema Producto Leche - Alimentos – Lácteos – Determinación de fitosteroles en leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado, queso, crema y mantequilla, por cromatografía de gases – Método de prueba.	30 de noviembre de 2004	\$ 170.00
NMX-F-708-COFOCALEC-2004	Sistema Producto Leche – Alimentos – Lácteos – Determinación de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos y sólidos totales, en leche cruda, por espectroscopia de infrarrojo – Método de prueba.	01 de marzo de 2005	\$ 170.00
NMX-F-709-COFOCALEC-2004	Sistema Producto Leche – Alimento – Alimento Lácteo	01 de marzo de 2005	\$ 170.00

	Regional – Chongos Zamoranos y producto lácteo tipo Chongos Zamoranos – Denominaciones, especificaciones y métodos de prueba.		
NMX-F-710-COFOCALEC-2004	Sistema Producto Leche – Alimentos – Lácteos – Determinación de grasa en quesos – Método de prueba.	15 de agosto de 2005	\$ 170.00

Fuente: COFOCALEC, 2005.

7. ¿QUÉ ES LA LECHE?

La Ley Federal de Salud (1994), en su artículo 240 establece que la leche para el consumo humano se entiende a la secreción natural de la glándula mamaria de vacas sanas y bien alimentadas y cuando proceda de otra especie animal se designará con el nombre de ésta. Se excluye el producto obtenido cinco días posteriores al parto y quince días antes del mismo. En el cuadro 2 se presenta la composición química de la leche fresca, y que corresponde a los rasgos máximos y mínimos de sus características nutrimentales. Para la venta de la leche cruda o bronca para consumo humano, el artículo 246 establece que, deberá venderse en un lapso no mayor de tres horas después de la ordeña, lo que se verificará al no coagular la leche con la prueba de alcohol al 68% y en ningún caso se expenderá envasada (SSA, 1994).

La calidad de la leche implica tres aspectos: La cantidad, sus componentes y los factores contaminantes (contaminación bacteriológica, conteo celular somático y presencia de residuos). La expresión concreta de la prevención de enfermedades y el bienestar animal es la producción de leche de calidad. Para lo cual debemos de hablar de salud de la ubre en lugar de mastitis, hablar de calidad de la leche en lugar de un enfoque meramente productivista y clínico, e incorporando al consumidor como una parte fundamental en el esquema de calidad (Saltijeral *et al.*, 2003).

Cuadro 2. *Composición físico-químico de la leche de vaca (g/100ml).*

Componentes	Mínimo	Máximo
Agua	84	89
Sólidos	10.6	17.9
Lípidos	2.6	8.4
Proteínas	2.4	6.5
Lactosa	2.4	6.1
Cenizas	0.6	0.9

Fuente: SAGAR, 2000.

8. FACTORES DE DEFENSA CELULARES Y HUMORALES DE LA LECHE

La leche tiene un efecto que inhibe el crecimiento de bacterias, las mata o las hace inofensivas. Su efecto antibacterial se debe a factores de defensa celulares y humorales. En estos intervienen los leucocitos polimorfonucleares (PMN), los linfocitos y los macrófagos (principal tipo de células en la leche). Los factores humorales son las inmunoglobulinas, los factores del complemento, el sistema lactoperoxidasa-tiocianato-peróxido-hidrógeno, la lactoferrina y la lisozima (Wolter *et al.*, 2004).

El paso rápido de los leucocitos sanguíneos a la luz alveolar es uno de los mecanismos naturales más importantes de defensa contra la mastitis. En el caso de una glándula mamaria sana se puede observar un contenido menor de 100 mil leucocitos por mililitro de leche. El contenido de leucocitos aumenta como una respuesta a los microorganismos invasores. En el caso de la mastitis aguda, los conteos pueden llegar hasta millones de células somáticas por mililitro. Los leucocitos más numerosos durante el curso de una mastitis son los granulocitos polimorfonucleares. Éstos reconocen las bacterias marcadas con anticuerpos y los fagocitan. Pueden pasar de 12 a 24 horas después de la infección antes de que el contenido de PMN aumente claramente (Wolter *et al.*, 2004).

8.1. Leucocitos neutrófilos polimorfonucleares

Los leucocitos neutrófilos polimorfonucleares (PMN) forman la primera línea de defensa inmunológica contra bacterias que penetran la barrera física del canal del pezón. Los PMN protegen a la glándula mamaria por medio de la fagocitosis y la muerte intracelular, debido a su capacidad para fagocitar y matar bacterias opsonizadas y no opsonizadas empleando enzimas bactericidas y radicales oxi (Prin-Mathieu, 2002).

Los neutrófilos desempeñan cinco funciones clave para una vigilancia inmune exitosa y defensa contra los patógenos intramamarios: Marginación, migración, fagocitosis, estallido respiratorio y degranulación. La marginación y la migración de los neutrófilos son críticas para la vigilancia inmune innata y para confinar la respuesta inflamatoria en el sitio de la infección. La fagocitosis, el estallido respiratorio y la degranulación culminan en la destrucción intracelular del patógeno por neutrófilos de la leche que han migrado desde la sangre hasta el foco de la infección (Burton y Erskine, 2003).

8.2. Linfocitos

El reclutamiento local y la actividad de las células somáticas (o sea leucocitos) son los mecanismos de defensa inmune más importantes contra la infección de la glándula mamaria bovina. Aunque un alto número de neutrófilos bovinos en leche es crítico para una lucha activa contra las

infecciones, los macrófagos y los linfocitos T constituyen la mayor parte de las células somáticas en leche de cuartos sanos (Burton y Erskine, 2003).

Los linfocitos son las únicas células del sistema inmune que reconocen antígenos por medio de receptores de membrana y que son específicos para patógenos invasores. Existen dos tipos de linfocitos que difieren en función y productos protéicos, los linfocitos T y B. Los porcentajes de estas células pueden ser significativos dependiendo del estado de la lactancia y de su localización en los tejidos (Sordillo *et al.*, 1997).

Las células B, representan el 20% de los linfocitos. Su función es reconocer los antígenos o sustancias extrañas para producir anticuerpos específicos y secretar inmunoglobulinas localmente. Las células T se encargan de destruir a los antígenos por contacto directo, produciendo linfocinas (células asesinas y células auxiliaoras) que activan el complejo de histocompatibilidad (inmunidad humoral). El 45% de los linfocitos está conformado por este tipo de células (Westweber, 1993; Hurley y Morin, sfp). En distintas muestras de leches, los neutrófilos son la población de leucocitos más predominante en leche de glándulas mamarias infectadas (59% a 99% del total de células somáticas, dependiendo del estado de la lactancia) (Burton y Erskine, 2003).

9. ¿QUÉ SON LAS CÉLULAS SOMÁTICAS?

Las células somáticas están constituidas por una asociación de leucocitos y células epiteliales. Los leucocitos se introducen en la leche en respuesta a la inflamación que puede aparecer debido a una enfermedad o, a veces, a una lesión. Las células epiteliales se desprenden del revestimiento del tejido de la ubre (Blowey y Edmondson, 1995).

Se denomina a las células de la leche, a aquellas células propias del cuerpo (somáticas) en la leche. Estas provienen de la sangre y del tejido de la glándula mamaria. El contenido de células somáticas en la leche nos permite conocer datos claves sobre la función y el estado de salud de la glándula mamaria lactante y debido a su cercana relación con la composición de la leche un criterio muy importante de calidad de la leche (Wolter y Kloppert, 2004).

Las bacterias ambientales están presentes en el medio ambiente de la vaca, en su piel, pesebre, charcos de agua, etc. y penetran en la ubre cuando se dan determinadas condiciones. Una vez que las bacterias atacan las células del interior de la glándula mamaria la respuesta inmunitaria del organismo es enviar glóbulos blancos de la sangre para neutralizar a las bacterias invasoras. Estos glóbulos blancos son en esencia lo que constituye los conteos de células somáticas (CCS). Un alto CCS en la leche de vacas individuales o en el tanque de enfriado significa que las bacterias han invadido la glándula de la vaca (García, 2004).

Las bacterias que invaden el canal del pezón pueden clasificarse en contagiosas o ambientales. Las bacterias contagiosas se diseminan entre los pezones de una vaca o entre diferentes vacas de un hato como resultado de prácticas de manejo inadecuadas al momento de la ordeña (García, 2004).

Las células somáticas son simplemente células del organismo (varios tipos de leucocitos o células blancas de la sangre) y normalmente están presentes en la leche en niveles bajos (Cuadro 3). La presencia de un incremento del número de estas células dentro del alveolo, es un indicador como respuesta a la infección; aún cuando no han sido detectadas al observar la leche de la vaca, (ejemplo en la mastitis subclínica) (Carrión, 2001).

Cuadro 3. Tipos de células en leche normal

Tipo	Porcentaje
Macrófagos	60%
Linfocitos	25%
Neutrófilos	25%

Fuente: Philpot, 2001; Wolter *et al.*, 2004.

Por tanto, las células somáticas son células corporales. Estas pasan a la leche procedente de la sangre y del tejido glandular. El contenido de células somáticas en la leche nos permite conocer el estado funcional y de salud de la glándula mamaria en periodo lactante; debido a su estrecha relación con la composición de la leche, es un criterio de calidad muy importante (Bedolla y Castañeda, 2004; Wolter *et al.*, 2004).

De todas las células de la leche de un cuarto infectado, aproximadamente el 99% serán leucocitos, mientras que el resto serán células secretoras que se originan de los tejidos de la glándula mamaria. Juntos, esos dos tipos de células constituyen la cuenta de células somáticas de la leche que comúnmente es expresada en mililitros (Philpot, 2001; Anónimo, 2002).

10. FUNCIÓN DE LAS CÉLULAS SOMÁTICAS

Cada leche contiene células somáticas, las cuales en una glándula sana sólo se presentan en un número pequeño. En este caso se trata de células de tejido (células epiteliales) y células inmunes, (neutrófilos polimorfonucleares, granulocitos, macrófagos, linfocitos). La importancia biológica de las células somáticas es que participan en la defensa contra infecciones de la ubre. Cuando hay estímulos o enfermedades de la glándula mamaria aumenta en contenido de células somáticas, con lo cual el número de células inmunes aumenta considerablemente (Wolter y Kloppert, 2004).

11. RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS

Efectuar conteos celulares somáticos es un procedimiento común, sobre todo en la industria láctea para medir la calidad de la leche. En el establo se utiliza como indicador de las infecciones. Cuando el conteo de células somáticas (CCS) resulta elevado, ya sea de una vaca o del tanque enfriador, indica que hay un problema de mastitis (Anónimo, 2002).

El recuento de células somáticas, es el número de células existentes en leche. Se utiliza como indicador de la infección de la glándula mamaria (Blowey y Edmondson, 1995).

El CCS es la medición más ampliamente utilizada para supervisar el estado inflamatorio de las glándulas mamarias; puede ser realizada en la leche de; a) cuartos individuales, b) vacas individuales, c) el hato completo y d) un grupo de hatos. La infección intramamaria es el principal factor causante de cambios en el CCS en la leche. Cuando los microorganismos causantes de mastitis invaden un cuarto de la ubre y empiezan a multiplicarse o cuando el número de estos aumenta significativamente en un cuarto infectado, el organismo de la vaca tiene que reclutar leucocitos para combatir a dichos microorganismos causantes de la mastitis (Philpot, 2001).

Más del 98% de las células somáticas que se encuentran en la leche provienen de las células blancas que ingresan a la misma en respuesta a la invasión bacteriana de la ubre. Un alto conteo de células somáticas se asocia con la pérdida de la producción de leche (García, 2004).

Las glándulas mamarias que nunca se han infectado normalmente tienen CCS de 20,000 a 50,000 células/ml. En grandes poblaciones de vacas, 80% de los animales no infectados tendrán un CCS menor de 200,000 células/ml y 50% menor de 100,000 células/ml. Una razón de las cuentas ligeramente elevadas en animales no infectados es que algunos cuartos tuvieron una infección previa de la cual no se han recuperado totalmente (Philpot, 2001).

Cuando la leche de todas las vacas en el hato se mezcla, como en el tanque a granel, el conteo de células somáticas en una muestra compuesta es un buen indicador de la prevalencia de la mastitis en el hato. Un conteo de células somáticas mayor de 200,000 células/ml indica la presencia de mastitis subclínicas. Los conteos de células somáticas por debajo de 400,000 células/ml son típicos de los hatos que poseen buenas prácticas de manejo, pero que no hacen un particular énfasis en el control de la mastitis. Los hatos que poseen un programa de control efectivo de la mastitis poseen en forma consistente conteos por debajo de las 100,000 células/ml. Conteos de células somáticas mayores de 500,000 células/ml indican que un tercio de las glándulas se encuentran infectadas y que la

pérdida de leche debido a mastitis subclínica es mayor de 10% (García, 2004).

Un cuarto de la glándula mamaria sano no muestra ninguna alteración patológica externa, su leche no contiene microorganismos patógenos y mantiene un nivel de células somáticas menor de 100,000 células/ml (Cuadro 4) (Wolter *et al.*, 2004).

Cuadro 4. Diagnóstico de un cuarto según el conteo de células somáticas.

Células/ml de leche	Estado de la ubre
Hasta 100,000	Sana, leche normal
De 100,000 a 200,000	Sospechoso, nivel superior fisiológico
Más de 200,000	Mastitis, leche anormal

Fuente: Wolter *et al.*, 2004.

12. ¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LOS RECUEENTOS DE CÉLULAS SOMÁTICAS?

Las diferentes compañías recolectoras de leche han implementado castigos para aquellos establos que no logren los niveles promedio permitidos de células somáticas en la leche, motivando al dueño para que logre producir una leche de calidad, para lo cual se aplican programas de sanidad y salud animal, así como formatos para mejorar el manejo de los animales (García, 2003).

Si bien las pérdidas de premios por calidad son muy importantes, las pérdidas inaparentes de producción de leche tienen también un gran impacto económico en el cheque recibido mensualmente de la planta de procesado. El cuadro 5 muestra la diferencia en premios pagados por una planta procesadora dependiendo el conteo de células somáticas (CCS) (García, 2004).

Cuadro 5. Pérdidas en premios debido a conteo de células somáticas.

CCS	Equivalente cada 100 libras de leche (\$)
50,000	0.42
100,000	0.36
150,000	0.31
200,000	0.26
250,000	0.22
300,000	0.16
350,000	0.11
400,000	0

Fuente: García, 2004.

Desde el punto de vista económico los CCS significa para el productor:

- Aumento en la producción de leche
- Disminución en el costo de vaquillas de reemplazo
- Menos leche de descarte
- Reducción en el costo de medicamentos y del veterinario
- Menos trabajo
- Aumento en el rendimiento del producto final (García, 2004).

12.1. Sanciones económicas

En la actualidad, casi todos los países tienen un sistema de sanción económica que es impuesta si el recuento de células o el recuento total de bacterias (TBC) de la leche de mezcla supera un determinado umbral. Esto está proyectado para garantizar que la leche producida es de la calidad máxima. Los ganaderos que no satisfacen estas normas de producción son sancionados con arreglo a la calidad de su leche (Blowey y Edmondson, 1995).

Algunos receptores de leche, sólo permiten como máximo de células somáticas 400,000 CCS/ml, pasando este número de células somáticas empiezan las penalizaciones que van desde descuentos del 0.31% hasta 1.63% del precio que ellos pagan por la leche al productor. Conteos superiores a 500,000 CCS/ml de leche, o mayores probablemente significa que el 50% del ganado en producción está enfermo de mastitis subclínica, elevando considerablemente las pérdidas económicas (García, 2003).

12.2. Reducción de la producción de leche

Cuando el recuento de células del hato aumenta, hay una disminución correspondiente en la producción de leche. Esta disminución se produce como consecuencia del daño infligido al tejido que produce la leche por las bacterias de la mastitis o de las toxinas que laboran. La investigación canadiense ha demostrado que la producción de leche disminuye en un 2.5% por cada aumento de 100,000 en el recuento de células a partir de la cifra básica de 200,000. Es de esperar que en un hato con un recuento de 500,000 tenga una disminución del 7.5% en la producción debido a la mastitis subclínica. En los hatos con tratamiento correcto de la mastitis, se puede mantener con facilidad un recuento de 200,000 y por ello se propuso esta cifra como valor de referencia en el cual existen disminuciones insignificantes de la producción (Blowey y Edmondson, 1995).

12.3. La idoneidad de la leche para elaboración o para el consumo líquido

La preocupación última y más importante acerca de los recuentos elevados de células es la aceptabilidad de la leche por parte de los comerciantes al

por menor. Se debe recordar que la calidad de la leche nunca es tan buena como cuando sale de la granja, la leche de mala calidad siempre será de mala calidad (García, 2004).

La leche con recuento elevado de células tiene un nivel elevado de las enzimas indeseables lipasa y plasmina. La lipasa desdobra la grasa, produce un sabor rancio, inhibe los cultivos iniciadores del yogurth y disminuirá la vida comercial de la leche. La plasmina reduce la cantidad de caseína en la leche y reducirá el rendimiento quesero de la leche. Sigue teniendo actividad en la leche aún en condiciones de almacenamiento bajo refrigeración y después de la pasteurización (Blowey y Edmondson, 1995; Schalm *et al.*, 1971).

Un número elevado de células somáticas tienen un efecto marcado en los productos terminados, ya que cambian la composición de los sólidos no grasos y de la grasa butírica, logrando en la leche que sea susceptible al desarrollo de sabores desagradables. Los productos procesados de leche con alto número de células somáticas no van a ser de alta calidad, la cuajada de los quesos se va a derretir y a hacerse pedazos, la crema va a tener un cuerpo débil y separación. Además que los quesos van a tener un tiempo de producción más largo, más grasa y proteína se pierde en el suero, y el rendimiento es menor. La vida de anaquel de estos productos es menor (García, 2003).

13. CAUSAS DE UN RECuento CELULAR SOMÁTICO ELEVADO

Los niveles elevados de células somáticas de manera anormal pueden ser resultado de diversos factores:

1. La vaca está infectada con microorganismos causantes de la mastitis (Blowey y Edmondson, 1995).
2. Fase de lactación (Carrión, 2001).
3. La ubre ha sufrido alguna lesión.
4. Variaciones diarias y de temporada.
5. Frecuencia de ordeño (Blowey y Edmondson, 1995).
6. Estrés.
7. Variación fisiológica.
8. Cantidad de cuartos o vacas afectadas (Saran y Chaffer, 2000).

13.1. Mastitis

La mastitis reduce las ganancias tanto con la pérdida temporal de producción de leche como con la pérdida permanente del potencial de producción. La mastitis es, con mucho el factor más importante que provoca aumento de los recuentos de células. Cuando los microorganismos causantes de la mastitis entran a la glándula mamaria, los mecanismos de defensa envían grandes cantidades de leucocitos hacia la leche para

intentar destruir las bacterias. Si la infección es eliminada, el recuento de células disminuirá. Si los leucocitos son incapaces de eliminar los organismos, se crea una infección subclínica. En este caso son segregados continuamente leucocitos hacia la leche, que originan un recuento elevado de células (Blowey y Edmondson, 1995).

13.2. Fase de lactación

Cuando el secado de la vaca no se hace correctamente es posible que dentro de la primera semana después del parto se presenten conteos celulares elevados. Al final de la lactación, como disminuye la cantidad de leche, los conteos celulares aumentan en las vacas que tienen mastitis subclínica. El conteo de células somáticas, automáticamente tiende a aumentar a medida que la vaca llega al período final de la lactancia. A medida que la vaca se seca hay un aumento de células somáticas que pasan a la leche. Además, la vaca produce menos leche, de manera que el número normal de células se concentra en un volumen menor de leche (Carrión, 2001).

13.3. Lesiones en la glándula mamaria

Un número de factores pueden causar lesiones en la glándula mamaria o lastimar los cuartos. Entre ellos, el uso inadecuado de máquinas de ordeño y corrales o instalaciones mal diseñadas o en mal estado. En lesiones de esta naturaleza, un gran número de glóbulos blancos está presente, lo que resulta en un recuento aumentado de células somáticas (Blowey y Edmondson, 1995).

13.4. Variación fisiológica

En ciertos días del mes se pueden registrar variaciones en el recuento individual de la vaca debido a procesos fisiológicos. Por ejemplo, el ligero aumento en el recuento de células somáticas que se puede observar en la vaca en celo (Saran y Chaffer, 2000).

13.5. Variaciones diarias y de temporada

En la ordeña de la tarde, los recuentos de células tienden a ser más elevados que en la ordeña de la mañana. Esto es debido en parte al intervalo más corto entre ambos ordeños y a la producción de menor cantidad de leche que se traduce en un efecto de concentración. En verano, los recuentos tienden a ser más elevados que en invierno aunque no se sabe con certeza la causa de esto (Blowey y Edmondson, 1995).

13.6. Frecuencia de ordeña

Las vacas que se ordeñan de manera intermitente hacia el final de la lactación tendrán recuentos de células incrementados espectacularmente, aún en ausencia de infección subclínica (Blowey y Edmondson, 1995).

13.7. Estrés

Cualquier acontecimiento que produzca estrés, como el estro, la enfermedad, entre otras, pueden influir en el recuento de células. Además de aumentar el número de leucocitos en la sangre, con frecuencia existe una disminución de la producción de leche que causa un efecto adicional de concentración (Saran y Chaffer, 2000).

13.8. Cantidad de cuartos o vacas afectadas

Si bien el estado infeccioso es el factor más importante que aumenta el recuento celular somático de la vaca, cuanto mayor es la cantidad de vacas afectadas de mastitis mayor será el recuento celular en el tanque (Saran y Chaffer, 2000).

14. RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS A NIVEL DE HATO

El monitoreo de las células somáticas puede hacerse individualmente en cada vaca o por muestreo de la leche del tanque receptor. La diferencia entre ambos casos es que en el primero, se puede conocer el estado de salud de un animal determinado; mientras que para el segundo caso sólo podrá derivarse información del estado de salud promedio de todo un hato (Blowey y Edmondson, 1995; Cabrera, 1962).

Esta técnica muestra el nivel de infección en que se haya el hato y con ello se podrán aplicar medidas preventivas para bajar ese nivel. El nivel de células somáticas como medida normal es de 200,000 células/ml de leche de una muestra del tanque del establo, arriba de este número se considera como anormal y es indicativo de que existe una infección en el hato productor (Hernández, 2003).

Un hato con un recuento de menos de 200,000 tendrá poca mastitis contagiosa en comparación con un hato con un recuento de más de 500,000 que tendrá un problema grave, probablemente significan que el 50% del ganado en producción está enfermo de mastitis subclínica, elevando considerablemente las pérdidas económicas. No obstante, los recuentos de células no se relacionan necesariamente con el número de casos clínicos, ya que el problema podría ser debido a un nivel elevado de mastitis ambiental que repercutirá en el recuento de células (Cabrera, 1962; García, 2003).

En los hatos con recuentos de células que aumentan, dos o tres series de resultados bajos pueden indicar que el problema ha desaparecido. En algunos casos, es posible que éste sea el caso, ya que la vaca o vacas han sido secadas o vendidas. Sin embargo, en la mayoría de los casos sólo se trata de un descenso pasajero que se elevará de nuevo (Blowey y Edmondson, 1995; Cabrera, 1962).

El fundamento del análisis de leche del tanque es detectar, por medio de distintas técnicas, la presencia de grupos bacterianos que provienen de diversas fuentes, así como determinar el nivel de infección mastítica del hato. Esto permite corregir prácticas de manejo para controlar la contaminación bacteriana e implementar las medidas de control de mastitis más adecuadas, de acuerdo con el organismo patógeno prevalente. Desde el punto de vista sanitario se utilizan dos pruebas:

1. Conteo de células somáticas: Indica tanto el nivel de mastitis existente en el hato, como la calidad de la leche producida. Si bien un recuento de células somáticas elevado es indicativo de un alto número de vacas infectadas en el hato, no es posible determinar a partir de esta prueba cuántas vacas están infectadas y qué organismos patógenos de mastitis prevalecen en el hato.
2. Cultivo en agar sangre: Se utiliza para detectar patógenos de mastitis. Tanto *Staphylococcus aureus* como *Streptococcus agalactiae* provienen de la glándula y no son resultado de contaminación externa. Otros patógenos, como los *estreptococos* ambientales (considerados genéricamente como *Streptococcus* no *agalactiae*) pueden provenir tanto de la glándula mamaria como de contaminación externa (Calvinho *et al.*, 2005).

A corto plazo si los recuentos de células del hato son muy elevados sólo se pueden reducir mediante la eliminación selectiva despiadada de los animales responsables del aumento. Sin embargo, a largo plazo, es improbable que se resuelva el problema subyacente de la mastitis (Blowey y Edmondson, 1995; Cabrera, 1962).

En general, se recomienda hacer un análisis mensual para seguimiento de las medidas higiénicas y de prevención de mastitis implementadas en el establecimiento. Sin embargo, en determinados casos podrá ser necesario recolectar muestras por dos o tres días seguidos, ya que algunos patógenos causantes de mastitis presentan variaciones diarias en el índice de eliminación (Calvinho *et al.*, 2005).

14.1. Usos del conteo de células somáticas a nivel de Hato

- * Monitorear la prevalencia de mastitis subclínicas en el hato, especialmente aquellas que son infecciosas.
- * Evaluar la severidad y duración de las infecciones en forma

individual por vaca.

- * Determinar si a nivel hato la situación mejora o empeora.
- * Clasificar si inicialmente el caso es infeccioso, ambiental o ambos.
- * Evaluar las prácticas de pre y post parto.
- * Identificar vacas problema (Acevedo, 2005).

15. RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS DE UNA VACA INDIVIDUAL

Los recuentos de células de una sola vaca constituyen la mejor manera de identificar las vacas con recuentos elevados de células. Los recuentos individuales de células se calculan a partir de una muestra mixta de los cuatro cuartos. A esta muestra también se le puede calificar de compuesta. Los recuentos de células de toda la glándula aluden a los resultados de cada uno de los cuartos (Blowey y Edmondson, 1995; Cabrera, 1962). Una medida importante para conocer el estado de salud de la glándula mamaria y su calidad de leche es la comparación a nivel de cuartos de la vaca (Cuadro 6). Debido a las grandes diferencias de los demás cuartos con el trasero derecho, podemos definir su estado como sospechoso o con gran posibilidad de estar infectado con un agente causante de mastitis (Wolter *et al.*, 2004).

Cuadro 6. Comparación del conteo de células somáticas por cuarto.

Cuarto	Células/ml de leche
Delantero derecho	45,000
Trasero derecho	160,000
Delantero izquierdo	38,000
Trasero izquierdo	53,000

Fuente: Wolter *et al.*, 2004.

Con el fin de obtener el provecho máximo, las vacas deben de ser muestreadas con regularidad de modo que puedan ser estudiados los recuentos medios en vez de los resultados individuales únicamente. Un solo recuento elevado de células indica el estado actual de infección. Sin embargo, los recuentos de los exámenes posteriores pueden ser bajos (Blowey y Edmondson, 1995; Cabrera, 1962).

El análisis del conteo de células somáticas en el estado de cada vaca debe verse como una aproximación al origen de la infección. Es necesario examinar tres cuentas consecutivas para la toma de una decisión definitiva. Los hatos bien manejados pueden mantener un conteo de <200,000 células/ml para un 90% del hato, mientras que el 5% restante en sus tres lecturas consecutivas tendrán un conteo >200,000 células/ml, éstas serán por consiguiente las vacas que están aportando la infección (Bradley y Green, 2005).

Idealmente, se deben examinar muestras todos los meses. Antes de tomar cualquier medida, se deben tener en cuenta el promedio de los resultados de los tres meses anteriores junto con el promedio de los recuentos de la lactación. Cuando el recuento de células a nivel hato aumenta, también aumenta el porcentaje de vacas con recuento individual elevado (Blowey y Edmondson, 1995; Cabrera, 1962).

16. MÉTODOS PARA REALIZAR EL CONTEO DE CÉLULAS SOMÁTICAS

Existen varios métodos para realizar el conteo de células somáticas (CCS): Físicos, químicos y biológicos, entre ellos difieren en sencillez, confiabilidad y costo; lo importante es seleccionar el que mejor se ajuste a las necesidades y posibilidades de cada explotación, pero sí es conveniente realizar el conteo de células somáticas como prevención a enfermedades y protección a la inversión que se tiene (Pérez *et al.*, 2005).

16.1. Observación de la leche y de la glándula mamaria y palpación de la glándula

En la mastitis subclínica, la glándula mamaria de la vaca permanece aparentemente sana, la leche que produce, a simple vista, es una leche normal, pero una infección incipiente puede estar dañando el tejido glandular y provocando por lo tanto una alteración en la leche que ésta produce (Pérez *et al.*, 2005).

La infección puede provocar inflamación de uno o varios cuartos, aumento de la temperatura en el área afectada, así como enrojecimiento de la zona y dolor, estos eventos provocan que el sistema inmune del animal actúe tratando de aliviar el problema, además de lograr la mayoría de las veces mantener la infección únicamente en el área afectada sin alterar otros órganos o sistemas del animal. Cuando se encuentran todos o algunos de los síntomas enumerados se puede interpretar como un caso de mastitis clínica, además, se encuentran cambios importantes en la leche que produce el tejido afectado, estos cambios pueden consistir en alteración del color, aparición de grumos, coágulos sanguinolentos, coágulos con pus, o una leche acuosa, entre otros (Wolter *et al.*, 2004).

16.2. Pruebas físicas

Estas sólo son útiles cuando la mastitis ya está avanzada y no detectan mastitis subclínica. Dentro de estas se encuentran las siguientes: La prueba de la escudilla de ordeño, prueba del paño negro y la taza probadora (Charles, 1984).

Prueba de la escudilla de ordeño. Para leches anormales, se recoge la leche sobre un tejido negro extendido encima de la escudilla, los grumos se hacen así muy visibles (Charles, 1984).

Prueba del paño negro. Ésta se realiza durante la preparación de la vaca para la ordeña. Consiste en la detección de grumos en la leche (tolondrón) haciendo pasar los primeros chorros a través de una malla negra o bien utilizando una cubetilla especialmente diseñada para eso. Es recomendable realizar este procedimiento en todos los ordeños ya que además de detectar leche anormal, se eliminan bacterias que normalmente se encuentran en mayor cantidad en estos primeros chorros y además se estimula la “bajada” de la leche (Pérez, 1986).

Taza probadora. Examine los primeros chorros de leche de cada ordeño sobre un recipiente (strip cup) de fondo oscuro. Los coágulos, escamas, hilos, materia fibrosa, secreciones acuosas, o color anormal indican que la leche no es normal y que hay problemas probables. En la mastitis crónica la leche no tiene apariencia visible anormal en todos los ordeños (Carrión, 2001).

16.3. Pruebas químicas

Dentro de ellas se encuentran: la conductividad eléctrica de la leche, papel indicador de mastitis y la prueba de Whiteside. Respecto a la prueba de conductividad eléctrica (PCE), el procedimiento químico es muy variable y hasta cierto punto subjetivo por lo que no es recomendable como prueba única (Pérez *et al.*, 2005).

Conductividad eléctrica de la leche. La Prueba de Conductividad Eléctrica (PCE) se ha utilizado como un indicador de la mastitis durante la última década, se basa en el aumento de conductividad eléctrica de la leche debido a su mayor contenido electrolítico especialmente iones de sodio y de cloro y se ha desarrollado como un método para monitorear el estado de la mastitis en la vaca. Se le encuentra como parte de algunos equipos de ordeño computarizados dentro de las salas de ordeño así como también en forma de medidores portátiles, lo que permite el monitoreo individual por cuarto (Medina y Montaldo, 2003; Norger *et al.*, 2004).

Dicha técnica es importante porque mide la lesión, como es el caso del recuento celular. Sin embargo, sus limitaciones probablemente restringen su uso a vacas de producción elevada que se mantienen en rebaños pequeños, o en laboratorios con autoanalizadores (Radostits *et al.*, 2002).

Papel indicador de mastitis. El método consiste en un papel sobre el que se hace caer directamente del pezón algunas gotas de leche, se consideran sospechosas las leches que dan una coloración correspondiente a un pH igual o superior a 7. La prueba descubre el 50% de las leches infectadas (Charles, 1984).

Prueba de whiteside. Se mezcla la leche con una solución de NaOH al 4% lo que ocasiona que la leche se gelifique formando grumos que son

visibles. Los grumos serán más grandes conforme la leche contenga mayor número de células somáticas. Para hacer más visible la reacción es conveniente usar una placa de acrílico negra que puede tener dibujada 4 cuadros de 3cm x 3cm, uno por cada cuarto (Ávila, 1984; Pérez, 1986).

16.4. Pruebas biológicas

Dentro de estas se encuentran: La prueba de California para mastitis, prueba de Catalasa, prueba de Wisconsin, prueba de CAMP y el monitoreo de células somáticas, así como el diagnóstico bacteriológico por los métodos de aislamiento, cultivo, tinción, bioquímica e identificación (Pérez *et al.*, 2005).

Prueba de California para Mastitis (CMT). La Prueba de California para Mastitis (CMT, por sus siglas en inglés) ha sido empleada durante décadas y sigue siendo la prueba más utilizada a nivel de campo para el diagnóstico de mastitis en el ganado bovino lechero (Morresey, 1999; Radostits, 2002; Medina y Montaldo, 2003; Erskine, 2001; Bedolla *et al.*, 2007).

Es una prueba sencilla que es útil para detectar la mastitis subclínica por valorar groseramente el recuento de células de la leche. No proporciona un resultado numérico, sino más bien una indicación de si el recuento es elevado o bajo, por lo que todo resultado por encima de una reacción vestigial se considera sospechoso (Ávila, 1996; Ávila *et al.*, 2001; Barkema *et al.*, 1997).

La prueba consiste en el agregado de un detergente a la leche, el alquil-aril sulfonato de sodio, causando la liberación del ADN de los leucocitos presentes en la ubre y este se convierte en combinación con agentes proteicos de la leche en una gelatina. A mayor presencia de células se libera una mayor concentración de ADN, por lo tanto mayor será la formación de la gelatina, traduciéndose en nuestra lectura e interpretación del resultado como el grado más elevado de inflamación. Es decir, permite determinar la respuesta inflamatoria con base en la viscosidad del gel que se forma al mezclar el reactivo (púrpura de bromocresol) con la misma cantidad de leche en una paleta con cuatro pozos independientes permitiendo evaluar cada cuarto independientemente (Smith 1990; Saran y Chaffer, 2000; Medina y Montaldo, 2003).

Los resultados se leen como Negativos, Traza (sospechoso), 1+, 2+ y 3+, según la cantidad de formación en la muestra (NMC, 1999) (Cuadro 7).

Cuadro 7. *Grado de afección dependiendo el número de células somáticas en leche por ml en la prueba de California.*

Reacción	Células somáticas por ml de leche
Negativo	0-200,000
Traza	150,000-500,000

Grado 1	400,000-1,500,000
Grado 2	3,000,000-5,000,000
Grado 3	Más de 5,000,000

Fuente: Ruiz, 1996; NMC, 1999.

Prueba de Wisconsin para Mastitis (WMT). La Prueba de Wisconsin para Mastitis (WMT), fue diseñada para el uso en el laboratorio, y es utilizada para estimar el contenido de células somáticas de muestras de leche fresca mezclada o leche de tanques de enfriamiento, así como para muestreo de vacas individuales. Se utiliza una solución similar a la que se emplea con la prueba de California, pero en contraste con esta última, los resultados se miden cuantitativamente dependiendo de la viscosidad, no cualitativamente o de estimarla a ojo de buen cubero como en la CMT (Fernández, 1997; NMC, 1999; Bedolla *et al.*, 2007).

La técnica consiste en utilizar un tubo graduado en milímetros en donde se depositan 2 ml de leche y una mezcla de 2 ml de reactivo para CMT con agua destilada (1:1) ambas a temperatura ambiente. Enseguida se agita durante 10 segundos, horizontalmente y de izquierda a derecha. Se deja reposar 10 segundos y posteriormente se invierten los tubos durante otros 10 segundos. Una vez transcurrido el tiempo, se procede a realizar la lectura en el tubo por debajo de la espuma que se forma. Los resultados se relacionan con la escala graduada en mililitros del tubo y su valor de células somáticas, empleando para su interpretación una tabla específica para la prueba (Cuadro 8) (Fernández, 1997).

Los rebaños con una puntuación baja entre 3 y 12 están en condiciones buenas a regular, mientras que los rebaños con puntuaciones superiores a 12 requieren de atención inmediata (Carrión, 2001).

Monitoreo del conteo de células somáticas. Con el registro ordenado de los resultados de las pruebas de monitoreo mensual de vacas individuales nos va a proporcionar información muy útil para el manejo del hato, para el ganadero, y el veterinario. Aunque estas pruebas de monitoreo no diagnostican la causa o tipo de infección o si hay una lesión presente, si alertan al ganadero y al veterinario de que un problema se esta desarrollando, por lo que se debe poner mucha atención al respecto (Fernández, 1997; Bedolla *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2005).

Cuadro 8. Interpretación para prueba de Wisconsin.

Wisconsin (milímetros)	Conteo Celular Somático	Pérdida de producción
3	140,000	
4	165,000	5%
5	195,000	
6	225,000	
7	260,000	
8	300,000	8%
9	340,000	
10	380,000	

11	420,000	
12	465,000	
13	515,000	
14	565,000	
15	620,000	
16	675,000	
17	730,000	9-18%
18	790,000	
19	855,000	
20	920,000	
21	990,000	
22	1,055,000	
23	1,130,000	
24	1,200,000	
25	1,200,000	
26	1,360,000	
27	1,440,000	
28	1,525,000	
29	1,610,000	
30	1,700,000	
31	1,800,000	19-25%
32	1,920,000	
33	2,030,000	
34	2,180,000	
35	2,280,000	

Fuente: Philpot y Nickerson, 1992.

16.5. Métodos de conteo electrónico celular

Los métodos electrónicos tienen en la actualidad una aplicación universal, sobre todo en laboratorios de control lechero o dedicados al diagnóstico o investigación de la mastitis, utilizándose aparatos de recuentos celulares como el Fossomatic (Foss Electric, Dinamarca) y el Counter Coulter (Coulter, Inglaterra) (Saran y Chaffer, 2000; Bedolla *et al.*, 2007).

Método fluoro-opto-electrónico (Fossomatic) y Counter Coulter.

Estos dos aparatos poseen alta correlación con la microscopía óptica, por lo que proporcionan una medida segura en el recuento de células somáticas. Sin embargo, se pueden presentar variaciones en el recuento en las mismas muestras cuando se realizan con los dos aparatos debido a la diferencia de operación de cada uno de ellos. El Fossomatic basa su cálculo en la tinción fluorométrica del material nuclear, mientras que el Counter Coulter cuenta el número de impulsos eléctricos resultantes de las partículas que pasan entre dos electrodos (Djabri *et al.*, 2002). Es decir, cuenta partículas de un diámetro determinado, que para el caso serían las células, pero en el rango de recuento entrarían otras partículas, aumentando ligeramente el valor en comparación con el Fossomatic (Saran y Chaffer, 2000; Bedolla *et al.*, 2007).

El Fossomatic consiste en el filtrado de una solución de leche mezclada con detergente (Triton X-100 EDTA) a través de una membrana con poros finos. Un procedimiento colorimétrico basado en la reacción con el ADN de las células es entonces utilizado para determinar el contenido de ADN que esta relacionado directamente con el número de células presentes en la muestra inicial (Djabri *et al.*, 2002; Bedolla *et al.*, 2007).

Procedimiento: Se coloca una muestra de leche de 5ml de leche a 40° C. En el Fossomatic se tiñen las células somáticas con un colorante fluorescente para obtener una reacción solo con el ADN de las células. Es por eso que las partículas sucias y los glóbulos de los lípidos no se suman al número de las células somáticas. La muestra pasa frente a una luz especial y un detector registra cada célula somática. Entre cada muestra el aparato limpia su sistema de flujo para evitar el efecto del arrastre de una muestra a otra. Todas estas funciones son automáticas.

En síntesis, se puede decir que el Fossomatic es un contador específico de ADN basado en un principio óptico de fluorescencia. Debido a que el bromuro de ethidio penetra en la célula y forma un complejo fluorescente con el ADN nuclear, cada célula produce un pulso eléctrico que se amplifica y se registra (Martínez *et al.*, 2003).

16.6. Pruebas bacteriológicas

Los cultivos en el laboratorio son necesarios para identificar los organismos específicos que se encuentran comprendidos en un caso clínico de mastitis y para distinguir los animales sanos de aquellos que presentan un caso subclínico. La fidelidad de los resultados de laboratorio depende de los cuidados sanitarios que se tengan durante la toma de muestras y su manipulación posterior. Los procedimientos bacteriológicos son esenciales para la selección de los agentes terapéuticos que tienen especificidad para el germen presente (Brown *et al.*, 1969; Kirk y Mellenberger, 1995).

17. QUE HACER PARA CONTROLAR EL RECUENTO DE CÉLULAS SOMÁTICAS

Para obtener bajos recuentos de células somáticas hay dos puntos claves a considerar: Limpieza (desde la vaca y su medio ambiente, hasta el manejo de la leche) y en segundo lugar un rápido enfriado de la leche a una temperatura adecuada inmediatamente luego del ordeño (Bradley y Green, 2005).

Los conteos de células somáticas altos en su hato indican que hay vacas con mastitis. Es muy importante identificar la bacteria que la causa antes de intentar una terapia, decisiones de descartar animales o cambios en las prácticas de ordeño. Primero hay que determinar si los microorganismos son ambientales o contagiosos y por lo tanto transmisibles de vaca a vaca. Hay algunos otros microorganismos que no se pueden clasificar en estos dos grupos a los que se llama oportunistas. En segundo lugar determine cuándo se infectó la vaca. ¿Fue durante el período seco o es una infección nueva? Es muy importante por lo tanto hacer una prueba de california al secado, así como durante los dos primeros días de la lactancia. Mantenga registros adecuados para cada vaca (García, 2004).

Si el hato está infectado y tiene vacas con mastitis subclínica que está causando baja producción y baja calidad de leche, siga estas instrucciones:

1. Determine el tipo de infección en la explotación, haga analizar en un laboratorio una muestra de leche a granel.
2. Use la prueba de california para detectar problemas en las vacas.
3. Consulte a un médico veterinario para determinar el método de tratamiento más eficaz contra cualquier microorganismo específico.
4. Si la leche está a punto de degradarse debido a un alto recuento celular seque las vacas en el periodo final de la lactación.
5. Administre tratamiento a todas las vacas en producción que tienen infección clínica. Las infecciones estreptocócicas son mucho más fáciles de controlar durante la lactancia que las infecciones estafilocócicas.
6. Se recomienda un tratamiento de secado en todas las vacas. Pero hay que cerciorarse que todas las vacas estén libres de mastitis clínica antes de secarlas.
7. Separe las vacas con mastitis crónica.
8. Administre tratamientos con un producto preparado comercialmente. Los remedios caseros a menudo se contaminan, pueden presentar incompatibilidad física y/o química y no tener un período establecido y seguro para suspender el medicamento.
9. Administrar la serie completa de tratamientos recomendados. Si los tratamientos se suspenden antes de lo recomendado, se puede calmar la infección, sin exterminarla.
10. Lea la etiqueta y observe las instrucciones acerca de las veces que hay que desechar la leche y tiempo de suspensión del medicamento antes de sacrificar la vaca.
11. Es de suma importancia evitar brotes de mastitis por medios preventivos. Solo ejecute los principios recomendados en un programa para el control de la mastitis (Carrión, 2001).

18. CONCLUSIONES

La calidad de la leche debe ser la prioridad número uno de cada establecimiento lechero, no sólo del punto de vista económico, sino también para asegurar que la planta de procesado y el consumidor final reciben un producto seguro, altamente nutritivo y de calidad incuestionable.

Lo que se tiene que dejar en claro es que los conteos elevados de células somáticas deben de controlarse porque perjudican la producción y calidad de la leche. La menor producción de leche debido a elevación del conteo celular somático es consecuencia del daño impuesto al tejido por las bacterias causantes de la mastitis como son los *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Streptococcus uberis*, *Streptococcus dysgalactiae* y

Streptococcus agalactiae. En cuanto a la calidad, un conteo elevado aumenta los componentes indeseables y disminuye los deseables.

El interés que debe ponerse para obtener leche de calidad es la disminución del número de células somáticas, esto significa menos riesgos de problemas de salud para el consumidor, mejores precios o incentivos para el productor, se incrementa el rendimiento en la elaboración de quesos y se alarga la vida de conservación de los productos lácteos, se mejora la salud de las vacas y la rentabilidad de la ganadería.

19. LITERATURA CITADA

- Acevedo, V. M. 2005. Mastitis: afecta la producción y la calidad de la leche. Intervet Ecuador S.A. http://www.intervet.com.ec/Binaries/63_74032.doc. Consulta: [02-10-2005].
- Anónimo. 2002. Células somáticas de la leche. Factores que influyen en el conteo celular somático. Artículo invitado en la revista: Acontecer lechero. 2 (08): 61-62.
- Ávila, T. S. 1996. "Mastitis: importancia y diagnóstico clínico", en: Memorias del curso internacional técnico práctico de actualización en el diagnóstico de las enfermedades más frecuentes en bovinos. División de Educación Continua, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México. pp. 119-124.
- Ávila, T. S., Gutiérrez, C. A. J., Sánchez, G. J. I. y Canizal, J. E. 2001. Comparación del estado de salud de la ubre y la calidad sanitaria de la leche de vacas ordeñadas manual o mecánicamente. II Congreso nacional de control de mastitis y calidad de la leche. Guadalajara, Jalisco, México. pp. 108-111.
- Ávila, T. S. 1984. Producción intensiva de Ganado lechero. Anatomía y fisiología de la glándula mamaria. Edit. Continental. México. pp. 139-157.
- Báez, G. J. J. 2002. Estudio epidemiológico de mastitis subclínica bovina en el sector II de Téjaro, Michoacán. (Trabajo de Servicio Profesional). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México. pp. 2-10.
- Barkema, H. W., Der Chans, J. V., Schukken, Y. H., De Gee, A. L. W., Lam, T. J. G. W., y Benedictus, G. 1997. Effect of freezing on somatic cell count of quarter milk samples as determined by a Fossomatic electronic cell counter. J. Dairy Sci. 80:422-426.
- Bath, D. L. 1982. Anatomía y fisiología de la glándula mamaria. 2^a ed. Editorial Interamericana. México. pp. 309-326, 328-344.
- Bedolla, C. C., Castañeda, V. H. y Wolter, W. 2007. Métodos de detección de la mastitis bovina. REDVET. Rev. Electrón. Vet. Vol. VIII, No 9, Septiembre. 17 pp.

- Blowey, R. y Edmondson, P. 1995. Control de la mastitis en granjas de vacuno de leche. Acribia. Zaragoza. 208 pp.
- Bradley, A. y Green, M. 2005. Use and interpretation of somatic cell count data in dairy cows. In practice. 27: 310-315.
- Brown, R. W., Morse, G. E., Newbould, S. H. F. y Slanetz, L. W. 1969. Microbiological Procedures for the Diagnosis of Bovine Mastitis. National Mastitis Council, Washington, D.C.
- Burton, J. L. y R. J. Erskine. 2003. Immunity and mastitis. Some new ideas for an old disease. Vet Clin North Am Food Anim Pract. 19 (1):1-45.
- Cabral, M. A. y Aguilar, V. A. 2002. Fundamentos técnico-legales para la ganadería lechera. Acontecer lechero. 2 (08): 35-37.
- Cabrera, V. 1962. Apuntes dictados en la material propedéutica médica. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México. 234 pp.
- Calvinho, L. F., Canavesio, V. R., y Aguirre, N. P. 2005. Análisis de leche del tanque de frío: una herramienta para detectar problemas y proponer soluciones
- http://rafaela.inta.gov.ar/productores97_98/p73.htm. Consulta: [02-10-2005].
- Carrión, G. M. 2001. Principios básicos para el control de la mastitis y el mejoramiento de la calidad de la leche. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación Para el Desarrollo Integral Regional de Michoacán. pp. 22-32.
- COFOCALEC (Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados). 2005. Organismo Nacional de Normalización y Evaluación de la Conformidad. Pedro Moreno No. 1743, Tercer piso, Colonia Americana, Guadalajara, Jalisco, México. <http://cofocalec.org.mx>. Consulta [12-11-05].
- Charles, A. 1984. Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. Ed. CECSA, Mexico. 310 pp.
- Djabri, B., Barielle, N., Beaudeau, F y Seegers, H. 2002. Quarter milk somatic cell count in infected dairy cows: a meta analysis. Vet. Res. 33:335-357.
- Erskine, R. J. 1998. Recombinant bovine interleukin-2 and dry cow therapy: efficacy to cure and prevent intramammary infections, safety, and effect on gestation. J. Dairy Sci. 81(1): 107-115.
- Erskine, R. J. 2001. Mastitis Control in Dairy Herds. In: Radostits OM, editor. Herd Health Food Animal Production Medicine. Philadelphia, Penn: WB Saunders Co. pp 397-433.
- Fernández del Río, J. A. 1997. Mastitis. Calidad y eficiencia en la producción de leche. Manual de procedimientos para la ordeña. Virbac. Departamento técnico. pp. 13-18.
- Frandson, R. D. 1992 Anatomía y fisiología de los animales domésticos. 4ª ed. Ed. Interamericana. México. pp. 433-448.
- Fuquay, J. W. 1982. Reproducción animal aplicada. Ed. Manual Moderno. México. pp. 108-116.

- García, A. D. 2004. Células somáticas y alto recuento bacteriano. ¿Cómo controlarlo?. J. Dairy Sci.: 4031-5.
- García, S. R. 2003. Células somáticas una advertencia sin darnos cuenta. Holstein de México. 34 (8): 27-28.
- Gasque, G.R., y Blanco, O.M.A. 2001. Zootecnia en bovinos productores de leche. Departamento de producción animal: rumiantes. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México. 56 pp.
- Hernández, V. M. A. 2003. Tips en vacas lecheras, como contribuir a la utilidad neta de la empresa lechera. Holstein de México. 34 (2): 18-21.
- Huirle, W, L. y Morín. sf. Mastitis Lesson A 308. www.classes.uiuc.edu/AnScib308/. Consulta [05-10-2005].
- Kirk, J. y Mellenberger, R. 1995. La mastitis: una visión general. Illinois-Iowa, Dairy Handbook, SUA-ED, FMVZ, UNAM. México. pp. 43-45.
- Martínez, J. R., Gonzalo, C., Carriedo, J. A. y San Primitivo, F. 2003. "Effect of Freezing on Fossomatic Cell Counting in Ewe Milk", J. Dairy Sci. 86:2583-2587.
- Medina, C. M. y Montaldo, V. H. 2003. El uso de la prueba de conductividad eléctrica y su relación con la prueba de California para mastitis. IV Congreso Nacional de Control de Mastitis. Aguascalientes, Aguascalientes. México. pp. 21-23.
- Morresey, P. R. 1999. Bovine Mastitis. In: Howard JL, Smith RA, editor. Current Veterinary Therapy 4 Food Animal Practice. Philadelphia, Penn: WB Saunders Co. pp. 563-568.
- National Mastitis Council (NMC), INC, 1999. Laboratory Handbook on Bovine Mastitis. Revised Edition Walton Commons West Madison. 222 pp.
- Norger, E., Hogeveen., H. Korsgaard., I. R., Friggens, N. C., Sloth., K. H. y Løvendahl, P. 2004. Electrical Conductivity of Milk: Ability to Predict Mastitis Status. J. Dairy Sci. 87:1099–1107.
- Paape, M., Rautiainen, P. M., Lillius, E. M., Malstrom, C. E. y Elsasser, T. H.. 2002 Development of Anti-Bovine TNF-a mob and ELISA for Quantitating TNF-a in Milk After Intramammary Injection of Endotoxin. J. Dairy Sci.; 85:765-773.
- Pérez, D. M. 1986. Manual sobre ganado productor de leche. Ed. Villicaña S.A. México. pp. 710-744.
- Pérez, C. G., Bedolla, C. C., y Castañeda, V. H. 2005. Importancia del conteo de células somáticas en la cría sustentable de vacas productoras de leche. Sustentabilidad. Vol. III, No 1. Universidad de Guadalajara, Jalisco., México. pp. 86-94.
- Philpot, W. N. 2001. Importancia de la cuenta de células somáticas y los factores que la afectan. III Congreso Nacional de Control de Mastitis y Calidad de la Leche. León Guanajuato. México. 26 pp.
- Philpot, W. N. y Nickerson, S. C. 1992. Mastitis: El contra ataque. Publicado por Surge Internacional. Naperville, IL. U.S.A. pp. 13-15.

- Prin-Mathieu, C. 2002. Enzymatic Activities of Bovine Peripheral Blood Leukocytes and Milk Polymorphonuclear Neutrophils during Intramammary Inflammation Caused by Lipopolysaccharide. *Clin Diagn Lab Immunol.* 9(4): 812-817.
- Radostits, O. M., Gay, C. C., Blood, D. C., y Hinchcliff, K. W. 2002. *Medicina Veterinaria. Mastitis Bovina.* 9ª ed. Vol. I. Ed. Mcgraw-Hill. Madrid. pp. 728, 810.
- Reyes, A. B. R. 2005. Director del Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados. Contenidos/Normalización. dnormaliza@megared.net.mx. Consulta: [10-11-05].
- Riollet, C., Rainard, P. y Poutrel, B. 2000 Differential induction of complement fragment C5a and inflammatory cytokines during intramammary infections with *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Clin Diagn Lab Immunol.* 7(2):161-167.
- Ruckbusch, Y., Phaneuf, L. P. y Dunlop, R. 1994. Fisiología de pequeñas y grandes especies. Ed. Manual moderno. México. pp. 769-782.
- Ruiz, S. A. 1996. Presencia de mastitis subclínica en ocho hatos de la periferia de Uruapan, Michoacán en bovinos productores de leche (tesina profesional). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Morelia, Michoacán, México. pp. 35-38.
- SAGAR. 2000. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de ganado bovino. www.sagar.gob.mx. Consulta [02-10-2005].
- Saltijeral, O. J. A., Córdova, I. A., y Sánchez, L. N. 2003. Importancia de la calidad de leche desde la vaca hasta la mesa. V Congreso Nacional de Control de Mastitis. Aguascalientes, Aguascalientes. México. 13 pp.
- Saran, A., y Chaffer, M. 2000. Mastitis y calidad de la leche. Ed. Inter-Médica. Buenos Aires. pp. 14-16, 31-42.
- Schalm, O. V., Carroll, E. J., y Jain, N. C. 1971. *Bovine mastitis.* Philadelphia: Lea and Febiger. 13 pp.
- Schmidt, G. H. 1974. Biología de la lactación, anatomía de la glándula mamaria. Ed. Acribia. Zaragoza. pp. 16-41.
- Smith, B. P. 1990. *Large Animal Internal Medicine.* St Louis, Missouri: The C.V. Mosby Co. pp. 4-8.
- Sordillo, L. M., K. Shafer-Weaver y De Rosa, D. 1997. Immunobiology of the mammary gland. *J Dairy Sci;* 80(8):1851-1865.
- SSA (Secretaría de Salud). 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-091-SSA. Bienes y servicios. Leche pasteurizada de vaca. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Diario oficial de la federación. México. 33 pp.
- Tizard, Ian R. 1998. *Inmunología veterinaria.* 5ª ed. Ed. McGRAW-HILL Interamericana. México. pp. 281-282.

- Westweber, J. G. 1993. *Staphylococcus aureus*. Mastitis: part 1 virulence, defense mechanisms establishment of infection. Fisiopatología de la ubre. UNAM, México. pp. 1561-1569.
- Wolter, W., Castañeda H., Kloppert, B y Zschöck, M. 2004. Mastitis bovina. Prevención, diagnóstico y tratamiento. Editorial Universitaria. Universidad de Guadalajara. México. pp. 12-37.
- Wolter, W., y Kloppert, B. 2004. Interpretación de los resultados del conteo celular y de la aplicación de la terapia. Avances en el Diagnóstico y Control de la Mastitis Bovina. Guadalajara, Jalisco, México. 5 pp.