



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

**“CANTIDAD DE CÉLULAS SOMÁTICAS Y
CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LA LECHE DE
BOVINOS DE LA COMARCA LAGUNERA”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ZOOTECNIA

PRESENTA:

ANA LAURA LUNA ESPINOZA

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. NICOLÁS VALENZUELA JIMÉNEZ

CO-DIRECTOR:

M.C. FRANCISCO JAVIER PASTOR LÓPEZ

Loma Bonita, Oaxaca

Julio 2010



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

LA PRESENTE TESIS TITULADA “CANTIDAD DE CÉLULAS SOMÁTICAS Y CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LA LECHE DE BOVINOS DE LA COMARCA LAGUNERA” PRESENTADA POR LA PASANTE ANA LAURA LUNA ESPINOZA, BAJO LA DIRECCIÓN DEL M.C. NICOLÁS VALENZUELA JIMÉNEZ, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA.

JURADO EXAMINADOR

M.C. NICOLÁS VALENZUELA JIMÉNEZ
DIRECTOR

M.C. FRANCISCO JAVIER PASTOR LÓPEZ
CO-DIRECTOR

M.C. CECILIO UBALDO AGUILAR MARTÍNEZ
ASESOR

Loma Bonita, Oaxaca

Julio 2010

DEDICATORIA

A Dios:

Por iluminarme a lo largo de este camino y darme la oportunidad de realizar
mis sueños.

A Mis Padres:

IGNACIA ESPINOZA CUETO y TOMÁS LUNA AVALOS

Gracias por su amor, apoyo incondicional y esfuerzo constante para
brindarme la posibilidad de cumplir mis metas.

A Mis Hermanos (as):

Por haberme apoyado y acompañado en este arduo trayecto que hoy
termino, les deseo lo mejor en cada una de sus vidas.

A mis sobrinitos (as):

Por brindarme alegría y armonía en momentos difíciles.

A todos mis amigos (as):

Que confiaron en mí y no me dejaron desistir.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la *Universidad del Papaloapan* por aceptarme como su alumna y darme las herramientas necesarias para convertirme en una profesionalista.

A mi director de tesis, M.C. *Nicolás Valenzuela Jiménez*, por apoyarme en el desarrollo de este proyecto, aportando los conocimientos necesarios para culminarlo, gracias a sus sabios consejos y ejemplos que me ha dado de luchar para llegar a la meta.

Al M.C. *Francisco Javier Pastor López*, quién como co-director de tesis me brindó la oportunidad de trabajar con él y llevar a cabo este proyecto.

A mi asesor M.C. *Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez* por su colaboración, orientación y paciencia en la revisión de este proyecto.

Asimismo, agradezco al Dr. *Miguel Ángel Sánchez Hernández* por su apoyo en la realización de los análisis estadísticos.

Al M.C. *José Ángel Rueda Barrientos* y al M.C. *Julián Cotera Rivera* por su colaboración en la revisión de este proyecto.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento obtenido a través del Fondo Mixto, con el apoyo parcial del proyecto con clave COAH-2008-C07-92890, pues sin su colaboración no hubiera sido posible realizar este proyecto.

Gracias a cada uno de mis profesores por brindarme sus conocimientos y ser parte fundamental de mi formación profesional.

Agradezco a todos mis compañeros, a quienes se quedaron a mitad del camino y a quienes estuvieron conmigo hasta el final, por permitirme convivir con cada uno de ellos y brindarme su apoyo en cada una de las diferentes etapas de la carrera.

Gracias a todos los que colaboraron conmigo en el trabajo de campo y en el análisis de laboratorio para llevar a cabo este proyecto.

CONTENIDO

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivo específico.....	3
3. HIPÓTESIS	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 Situación actual de la producción de leche en México y en la Comarca Lagunera.....	5
4.2 Anatomía de la glándula mamaria.....	8
4.3 Etapas de la lactancia.....	9
4.3.1 Mamogénesis.....	9
4.3.2 Lactogénesis.....	9
4.3.3 Lactopoyesis.....	10
4.3.4 Eyección de la leche.....	11
4.4 La leche y sus componentes.....	11
4.5 Calidad de la leche.....	13
4.6 Mastitis.....	14
4.7 Células somáticas en la leche.....	17
4.7.1 Conteo de células somáticas (CCS).....	18
4.8 Diagnóstico de mastitis.....	19
4.8.1 Prueba de california para mastitis (CMT).....	20
4.8.2 Prueba de Wisconsin para mastitis (WMT).....	22
5. MATERIALES Y MÉTODOS	24
5.1 Localización.....	24
5.2 Establos y animales.....	24
5.3 Colección de muestras.....	24
5.4 Diagnóstico de mastitis subclínica.....	25
5.5 Análisis de la composición fisicoquímica de la leche.....	26

5.6 Análisis estadístico.....	26
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
6.1 Componentes nutricionales de la leche.....	27
6.2 Prevalencia de mastitis subclínica.....	28
6.2.1 Prueba de California	28
6.2.2 Prueba de Wisconsin modificada.....	30
6.3 Comparación de resultados entre ambas pruebas (CMT y WMT).....	31
6.4 Análisis de correlación entre las características nutricionales de la leche y el número de células somáticas obtenido mediante la prueba de Wisconsin modificada	32
6.5 Relación entre las características nutricionales de la leche y el número de células somáticas obtenido mediante la prueba de California	33
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
7.1 Conclusiones.....	36
7.2 Recomendaciones.....	37
8. LITERATURA CITADA.....	38
9. APÉNDICES.....	47
9.1 Pruebas para el diagnóstico de mastitis subclínica.....	47
9.1.1 Pasos para la prueba de California.....	47
9.1.2 Pasos para la prueba de Wisconsin modificada.....	48
9.2 Análisis de los componentes de la leche mediante MilkoScope®.....	49
9.3 Poster presentado en el “Congreso Internacional de Mastitis y Calidad de Leche”. Marzo, 2010.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS	Pág.
1. Composición promedio de la leche de vacas Holstein y Jersey (%).....	12
2. Principales características y propiedades fisicoquímicas de la leche.....	13
3. Interpretación del número de células somáticas de acuerdo a las reacciones de CMT.....	22
4. Interpretación del número de células somáticas en leche mediante la WMT.....	23
5. Porcentaje promedio de los componentes de la leche de vacas de cuatro establos de La Comarca Lagunera.....	27
6. Prevalencia de mastitis subclínica por vaca y cuartos en cuatro establos lecheros de la Comarca Lagunera.....	30
7. Coeficientes de correlación entre los componentes de la leche y el conteo celular somático de vacas (n=874).....	32
8. Componentes de la leche de vacas con bajo (<500 000) y alto (>500 000) contenido de células somáticas mediante la CMT.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Pág.
1. Principales estados productores de leche en México (2009).....	6
2. Producción en miles de litros (por municipios de Coahuila).....	6
3. Señales reguladoras de la secreción láctea.....	10
4. Vías de entrada y microorganismos implicados en la mastitis.....	14
5. Prevalencia de mastitis subclínica en los cuatro establos lecheros evaluados mediante CMT y WMT.....	31

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la relación existente entre la cantidad de células somáticas y las características nutricionales de la leche. Se utilizaron 874 vacas Holstein de 4 establos de la Comarca Lagunera a las que se les realizó la prueba de California (CMT) y Wisconsin modificada (WMT). Se efectuó el conteo de células somáticas (CCS) en la leche mediante estas dos técnicas y se analizó para conocer su contenido de grasa, lactosa, proteína y sólidos no grasos mediante un equipo especializado. Se evaluó la prevalencia de mastitis subclínica mediante CMT y WMT, encontrando 39.6 y 64.9% respectivamente. Asimismo se calculó la prevalencia mediante CMT por cuarto, encontrando 17% (594/3496) de cuartos infectados y 83% (2902/3496) sanos. Los animales se clasificaron en dos grupos, aquellos con alto CCS en leche (mayor a 500 000 células/mL) y las que tenían un bajo contenido (menor a 500 000 células/mL). Las vacas con un alto CCS mostraron menores cantidades de proteína y lactosa y mayor cantidad de grasa en la leche ($p < 0.01$). Se concluye que un alto contenido de células somáticas afecta negativamente la composición y el valor nutritivo de la leche.

Palabras claves: Mastitis subclínica, CMT, WMT, calidad de la leche, células somáticas.

ABSTRACT

The purpose of this study was to find the relationships between somatic cell count (SCC) and milk nutritional components. The California Mastitis Test (CMT) and a modified Wisconsin Mastitis Test (WMT) were performed on 874 Holstein cows from 4 milk farms in "La Comarca Lagunera". The SCC was calculated in the milk by these tests and the milk was analyzed for fat content, lactose, protein and solids not fat using specialized equipment. The prevalence of subclinical mastitis, calculated by CMT and WMT, found 39.6% and 64.9% respectively. The prevalence of subclinical mastitis in quarters by CMT was recorded in 17% of affected quarters (594/3496) and 83% healthy quarters (2902/3496). Two groups were identified the cows with high SCC (>500 000 cells/mL) and cows with low somatic cell score (<500 000 cells/mL). The cows with high SCC have a decrease in lactose and protein concentration and increase in fat milk ($p < 0.01$). It can be concluded that a high somatic cell score has a clear negative effect on the composition and nutritive value of milk.

Key words: Subclinic Mastitis, CMT, WMT, Milk quality, somatic cells.

1. INTRODUCCIÓN

La leche es uno de los alimentos más completos debido a su alto contenido de nutrientes. De manera normal, la leche de vaca contiene 87.6% de agua y 12.4% de sólidos totales, lo que incluye 3.5% de grasa, 3.4% de proteína, 4.8% de lactosa, 0.7% de cenizas y también es una fuente importante de vitaminas y minerales (Welper y Freeman, 1992; López, 2004). La proporción de dichos componentes puede variar con la etapa de lactancia, edad, alimentación, estado nutricional, raza y estado de salud de la ubre (Sharif *et al.*, 2007). Además de los nutrientes, la leche contiene células epiteliales y de defensa que en conjunto se conocen como células somáticas (Gürtler y Schweigert, 2005; Curbelo, 2007). El conteo de las células somáticas en leche es la principal herramienta utilizada en la práctica para determinar el grado de salud de la glándula mamaria, ya que se relaciona de manera estrecha con los procesos inflamatorios (Green *et al.*, 2004). Una glándula mamaria normal presenta conteos celulares inferiores a 200 000 células somáticas/mL de leche (Radostits *et al.*, 2007).

La inflamación de la glándula mamaria ó mastitis es considerada la enfermedad más costosa del ganado lechero debido a que disminuye el volumen de producción y afecta las características físico-químicas, el valor nutricional y la calidad sanitaria de la leche (Fox, 1985; Sharif y Ahmad, 2007), se ha encontrado que la mastitis subclínica disminuye la concentración de lactosa, grasa y caseína, además de aumentar el número de bacterias de la leche (Corbellini *et al.*, 2005; Kitchen, 1981). Esta enfermedad representa la principal afección de la glándula mamaria debido a que es más común y no puede diagnosticarse a simple vista (Andresen,

2001; Sharif y Ahmad, 2007). Actualmente se utilizan diferentes técnicas para el diagnóstico de mastitis subclínica que se basan en el conteo de células somáticas en la leche, entre las que destacan la prueba de California (CMT, por sus siglas en inglés), prueba de Wisconsin modificada (WMT) y los contadores celulares electrónicos (Tang *et al.*, 2006).

La CMT es la más utilizada para diagnóstico de mastitis subclínica debido a que es simple, económica y rápida; además, puede utilizarse a nivel de campo. Sin embargo, a pesar de todas sus ventajas, la CMT se considera como una prueba subjetiva, ya que su interpretación depende de la apreciación del operador y no proporciona un valor numérico exacto de células somáticas (Tang *et al.*, 2006; Hernández y Bedolla, 2008). Por otro lado, la WMT es utilizada en el laboratorio y permite corroborar el grado de afectación de la glándula mamaria dando un número más real del contenido de células somáticas en la leche (Cerón *et al.*, 2007; Hernández y Bedolla, 2008). El objetivo de este estudio es conocer la relación existente entre la cantidad de células somáticas de la leche y las concentraciones de lactosa, proteína y grasa de la misma, para así determinar el efecto de la mastitis en la calidad nutritiva de la leche.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Determinar la relación existente entre la cantidad de células somáticas y las características nutricionales de la leche de vacas Holstein estabuladas.

2.2 Objetivos específicos:

- Determinar la relación existente entre el conteo de células somáticas y las concentraciones de lactosa, grasa y proteína de la leche en hatos lecheros de la Comarca Lagunera.
- Evaluar la calidad nutricional de la leche (concentración de lactosa, grasa, y proteína) proveniente de hatos lecheros de la Comarca Lagunera.
- Conocer la prevalencia de mastitis subclínica en hatos lecheros de la Comarca Lagunera.
- Determinar el número de células somáticas en la leche de hatos lecheros de la Comarca Lagunera, mediante las pruebas de California y Wisconsin modificada.

3. HIPÓTESIS

La prevalencia de mastitis subclínica en establos lecheros de la Comarca Lagunera es mayor al 30%.

Un elevado conteo de células somáticas en la leche se relaciona negativamente con la concentración de lactosa, grasa y proteína de la misma.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Situación actual de la producción de leche en México y en la Comarca Lagunera.

La producción de leche de bovino es una de las actividades pecuarias de mayor relevancia a nivel nacional, debido a que juega un papel fundamental dentro de la economía del sector primario e industrial. Esta actividad se desarrolla en condiciones muy variables, desde el punto de vista tecnológico y socioeconómico, bajo cuatro diferentes sistemas de producción: tecnificado, semi-tecnificado, de doble propósito y familiar, el sistema tecnificado es el más importante, ya que aporta el 52% de la producción (SAGARPA, 2004).

En 2009, México produjo 10,805 millones de litros de leche. Tal producción sólo cubrió el 70% de la demanda interna, lo que quiere decir que en el país existe un déficit de 30% (4,195 millones), ya que el Consumo Nacional se sitúa aproximadamente en los 15 mil millones de litros (SIAP, 2009).

Actualmente México ocupa el treceavo lugar a nivel mundial en la producción de leche. La mayor parte de la producción nacional se concentra en pocos Estados, entre los que destacan en orden de importancia Jalisco, Coahuila, Durango y Chihuahua (SAGARPA, 2008; SIAP, 2009). Coahuila y Durango, los dos Estados que componen la región Lagunera, ocupan el segundo y el tercer lugar de producción de leche de bovino a nivel nacional respectivamente (Figura 1).

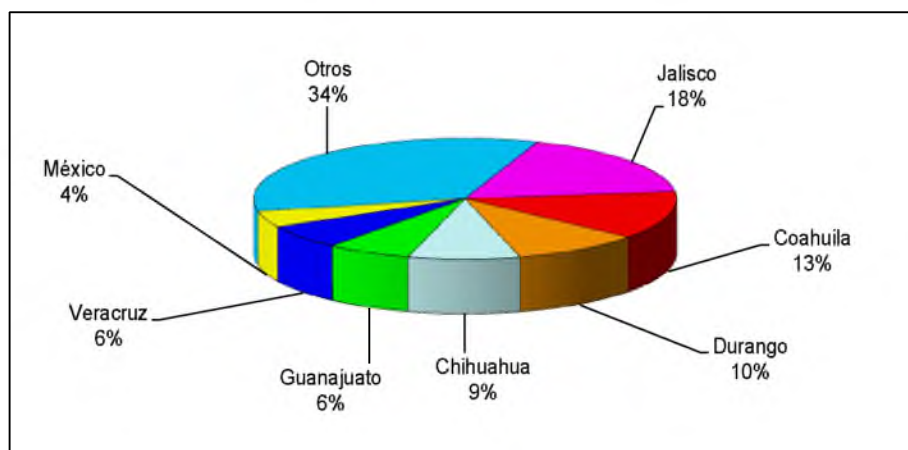


Figura 1. Principales Estados productores de leche en México en el 2009.
Fuente: SIAP, 2009.

La región Lagunera es considerada como la principal cuenca lechera especializada del país, con una producción de 5 millones de litros diarios de leche, que equivalen al 20% de la producción nacional (SAGARPA, 2008). Ésta región, en comparación con otros municipios como Acuña, Frontera, Sabina y Saltillo, la región Lagunera abarca una producción de 1,319, 508 litros que se refleja en un 96.7% total de la producción del Estado de Coahuila (Figura 2) (SAGARPA, 2008; SIAP, 2009).

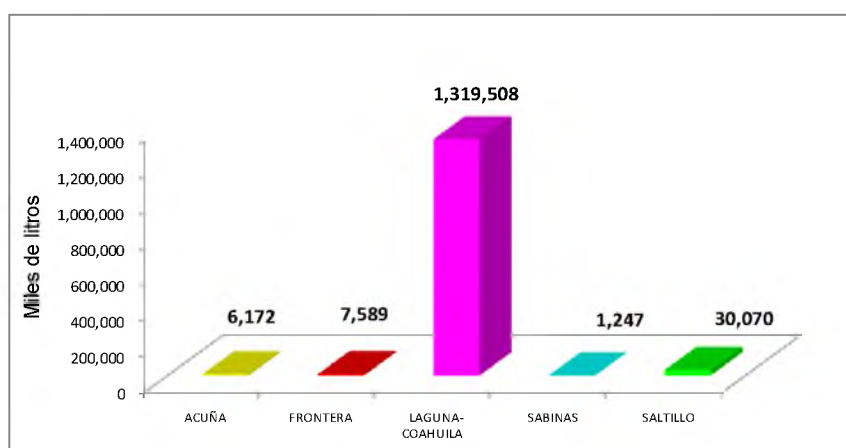


Figura 2. Producción de leche en cinco municipios de Coahuila.
Fuente: SIAP, 2009.

Los principales clientes de esta región son el grupo industrial Lala, Nestlé y Alpura, que adquieren el 90% de la producción de leche, el otro 10% lo consumen las firmas Chilchota, La Risueña y Pasteurizadora Lerdo

(SAGARPA, 2008; SIAP, 2009).

4.2 Anatomía de la glándula mamaria

La glándula mamaria de la vaca es una estructura exocrina de origen dérmico, responsable de secretar la leche destinada a la alimentación de los animales recién nacidos. Está constituida por cuatro cuartos que en conjunto se denominan ubre, cada cuarto funciona como una glándula independiente para la producción de leche (Ávila, 1995). Los cuartos posteriores están más desarrollados que los anteriores y producen el 60% de la leche (Park y Jacobson, 1999; Hernández y Bedolla, 2008).

La ubre debe ser simétrica, ligeramente larga, ancha y profunda, además debe ser de una textura blanda, flexible y suave al tacto (Ávila 1995; Park y Jacobson, 1999). El peso de la ubre ó tamaño puede variar con la edad de la vaca, el estado de lactación, la cantidad de leche presente en la glándula y las características genéticas del animal (Park y Jacobson, 1999). Las ubres más voluminosas son las que producen más leche (Ayadi, 2003; Ortiz *et al.*, 2005).

La glándula mamaria está formada por el parénquima y el estroma. El parénquima es la parte secretora de la glándula y está compuesto por tejido epitelial túbulo-alveolar (Ávila 1995; Cunningham, 1999). El estroma está constituido por los tejidos conjuntivo y nervioso, además de grasa, vasos sanguíneos y linfáticos (Ayadi 2003; Gürtler y Schweigert, 2005).

En el parénquima se encuentran los alveolos, que son las unidades básicas de secreción láctea de la glándula mamaria (McManaman y Neville, 2003; Gürtler y Schweigert, 2005). Los alveolos son estructuras esféricas constituidas por células epiteliales de secreción, presentan un lumen y están

rodeadas por células de músculo liso conocidas como mioepiteliales. Los alveolos se agrupan para formar lobulillos y éstos a su vez forman lóbulos. Cada nivel de organización presenta un sistema de conducción de la leche. Así, el lumen del alveolo se continúa con los conductos intralobulillares que al salir del lobulillo se transforman en interlobulillares. Los conductos interlobulillares se unen para formar a los conductos intralobulares e interlobulares, estos últimos desembocan a un conducto común denominado lactífero colector; varios conductos lactíferos colectores desembocan a la cisterna de la glándula (Cunningham, 1999; Park y Jacobson, 1999; Ortiz *et al.*, 2005).

La cisterna de la glándula mamaria tiene una capacidad de varios cientos de mililitros y se comunica con la cisterna del pezón a través del anillo cricoides (Park y Jacobson, 1999). El pezón mide de 6 a 8 cm de largo con diámetro de 2.5 a 3 cm, en su interior se encuentra el canal o conducto galactóforo que comunica a la cisterna del pezón con el ambiente externo (Gürtler y Schweigert, 2005).

Las células epiteliales alveolares sintetizan la mayor parte de los componentes lácteos y los secretan hacia el lumen (McManaman y Neville, 2003). La cantidad de leche producida se relaciona de manera estrecha con el número de células epiteliales funcionales (Ayadi, 2003). Todos los nutrientes requeridos para la producción de leche llegan a la ubre a través de la circulación sanguínea (Park y Jacobson, 1999). Se ha calculado que para que la glándula mamaria produzca un litro de leche debe filtrar entre 400 y 500 litros de sangre (Ávila, 1995).

4.3 Etapas de la lactancia

Para su estudio, la lactancia ha sido dividida en varias etapas que influyen en el crecimiento de la glándula mamaria, en el inicio de la producción, en la persistencia de la curva de lactancia y en la eyección de la leche.

4.3.1 Mamogénesis. El mayor crecimiento mamario ocurre durante la gestación, estos cambios se deben a la acción de las hormonas liberadas por el ovario, progesterona y estradiol. La secreción de progesterona se da durante toda de la gestación, la cual está asociada con un crecimiento lóbulo-alveolar mamario. Al final de la gestación, los estrógenos son los responsables del crecimiento de los conductos mamaros. Cuando se da una disminución brusca de los niveles de estrógenos y progesterona después del parto se inicia la lactogénesis (Park y Jacobson, 1999).

4.3.2 Lactogénesis. Se define como el inicio de la lactancia ó establecimiento de la secreción láctea (Gürtler y Schweigert, 2005). Esta etapa comienza durante el último tercio de la gestación y se caracteriza porque las células alveolares mamarias adquieren la capacidad de sintetizar y secretar leche (Park y Jacobson, 1999).

La lactogénesis se compone de dos fases. La primera fase consiste en la diferenciación de las células mamaras y en el incremento de la actividad enzimática con secreción limitada de leche antes del parto. La segunda fase comienza con la síntesis y secreción abundante de todos los componentes de la leche como la grasa, lactosa y caseína, y se continúa varios días después del parto (Park y Jacobson, 1999; Gürtler y Schweigert, 2005). Las hormonas que participan en la lactogénesis son la prolactina, lactógeno

placentario, insulina, glucocorticoides, hormona de crecimiento y la progesterona (Park y Jacobson, 1999; Gürtler y Schweigert, 2005). La prolactina es la hormona más importante para la lactogénesis, ésta hormona es secretada en el momento de la ordeña al ser manipulado el pezón o en el proceso de amamantamiento (Figura 3) (Cunningham, 1999).

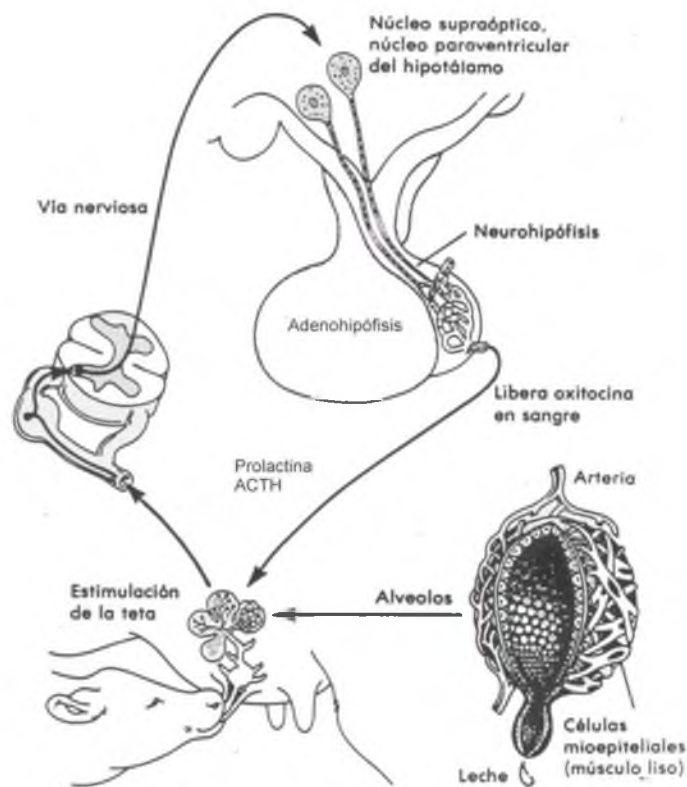


Figura 3. Señales reguladoras de la secreción láctea en la vaca.
Tomado de Hafez y Hafez, 2002.

4.3.3 Lactopoyesis. La lactopoyesis consiste en el mantenimiento de la secreción láctea una vez que ésta se ha establecido. Depende de una serie de factores como la edad, salud del animal y la liberación de prolactina (Hafez y Hafez, 2002). Después del parto, existe un aumento notable en la producción de leche, llegando a alcanzar su máximo a las 8 semanas, posteriormente disminuye gradualmente (Park y Jacobson, 1999).

El complejo hormonal responsable de la lactopoyesis está formado por hormonas hipofisarias (prolactina, ACTH y hormona del crecimiento), hormonas tiroideas (tiroxina) y corticoadrenales (cortisol), además de los estrógenos y progesterona (Ayadi, 2003). La principal función de la ACTH es estimular la secreción de glucocorticoides que estimulan el crecimiento de las células mamarias. La hormona de crecimiento distribuye los nutrientes almacenados en algunos tejidos corporales hacia la síntesis de la leche (Park y Jacobson, 1999; Gürtler y Schweigert, 2005). Las hormonas tiroideas influyen en la síntesis de leche, así como en la intensidad y duración de la secreción de la misma al incrementar la tasa metabólica de las células alveolares.

4.3.4 Eyección de la leche. La eyección de la leche se produce en respuesta a un estímulo, cuando el becerro recién nacido mama o durante el proceso de ordeño (Cunningham, 1999). Los impulsos son conducidos de las terminaciones nerviosas de la glándula hasta la neurohipófisis donde se promueve la liberación de oxitocina. Ésta hormona facilita la eyección de la leche mediante contracciones en las células mioepiteliales de los alvéolos y ductos de la glándula mamaria (Gürtler y Schweigert, 2005).

4.4 La leche y sus componentes

La leche puede ser definida como la secreción de las hembras mamíferas a través de la glándula mamaria, después del nacimiento de sus crías (Agudelo y Bedoya, 2005). Es el alimento más apto para todos los recién nacidos como una fuente de alimentación completa en sus componentes nutricionales en comparación con otros alimentos.

La leche contiene agua, grasa, lactosa, caseína, minerales y vitaminas, los cuales se pueden encontrar en diferente proporción (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición promedio de leche de vacas Holstein y Jersey (%).

Componentes	Holstein	Jersey
Agua	87.7	85.4
ST	12.3	14.6
SNG	8.9	9.5
Grasa	3.4	5.4
Proteína	3.5	3.9
Lactosa	4.5	4.3
Cenizas	0.7	0.7

ST: Sólidos totales; SNG: Sólidos no grasos.

Tomado de Park y Jacobson, 1999; Cunningham, 1999; Agudelo y Bedoya, 2005.

En promedio la leche de vaca contiene 87% de agua, 3.5% de grasa, 4.8% de lactosa, 3.5% de proteína y 0.7% de minerales (Páez *et al.*, 2002; Gürtler y Schweigert, 2005). Las proteínas principales de la leche son la caseína (α , β y κ -caseína), β -lactoglobulina y α -lactalbúmina (Gürtler y Schweigert, 2005). Además, en la grasa se pueden encontrar las vitaminas A, D, E y K (Méndez y Osuna, 2007). Debido a su alta calidad nutritiva la leche es un alimento indispensable en la alimentación humana.

La leche es de olor y sabor ligeramente dulce y de color blanco marfil o blanco amarillento (Cuadro 2). El color, el contenido de lactosa, betacarotenos y cloruros puede variar con la dieta del animal (Páez *et al.*, 2002; Méndez y Osuna, 2007). La leche recién ordeñada puede adquirir el olor y el sabor procedentes de su alrededor.

Cuadro 2. Principales características y propiedades fisicoquímicas de la leche.

Propiedad	Característica o valor
Sabor y olor	Ligeramente dulce
Color	Ligeramente blanco amarillento
Densidad	1.038
pH	6.5-6.8
Punto de congelación	-0.55 °C a -0.60 °C
Punto de ebullición	100 °C a 101.1 °C
Calor específico	0.93

Tomado de Páez *et al*, 2002.

La composición de la leche de vaca varía entre las diferentes razas, e incluso dentro del mismo animal. Los factores que determinan estas variaciones son muy diversos, por ejemplo, la alimentación, la etapa de lactancia y la genética del animal.

El contenido de grasa disminuye ligeramente luego del primer mes de lactancia, se mantiene constante durante la etapa intermedia, y en la fase final, cuando comienza a decrecer el volumen de leche, la grasa aumenta junto con la caseína (Cunningham, 1999). Cabe mencionar que la primera secreción inmediatamente después del parto es el calostro, el cual difiere de la leche por su alto contenido protéico.

4.5 Calidad de la leche

La calidad de la leche se puede medir de acuerdo a diferentes criterios, entre ellos están el contenido nutricional, el contenido de microorganismos y el contenido de células somáticas.

La calidad nutricional de la leche cruda depende de su contenido de sólidos, tales como proteína, grasa, lactosa, vitaminas y elementos minerales. Por otra parte, la calidad microbiológica se refiere a leche libre de

agentes patógenos causantes de enfermedades y con un nivel bajo de contenido de células somáticas (Gürtler y Schweigert, 2005; Méndez y Osuna, 2007).

Entre los principales factores que disminuyen la calidad de la leche se encuentran: los microorganismos patógenos, toxinas, residuos químicos, células somáticas, materias extrañas y las condiciones organolépticas (Palma *et al.*, 2007), mismos que pueden dañar la salud del consumidor.

Para mantener una buena calidad de la leche es necesario que se lleve a cabo el control de enfermedades y un adecuado manejo sanitario en todas las fases de la manipulación de la leche desde el momento del ordeño hasta su llegada a la planta (Piñeros, 2005; Méndez y Osuna, 2007; Moreno *et al.*, 2007).

Los principales problemas relacionados con la producción de leche de calidad son aquellos causados por la mastitis, la cual provoca trastornos en la producción de la leche y a su vez alteraciones en su composición (Gürtler y Schweigert, 2005; Sharif y Muhammad, 2008).

4.6 Mastitis

La mastitis es la enfermedad más importante que afecta a la ubre y consiste en la inflamación de la glándula mamaria en respuesta a un daño local que puede ser de origen infeccioso, traumático o tóxico (Park y Jacobson, 1999; Gürtler y Schweigert, 2005). Una glándula mamaria inflamada presenta hinchazón, calor, rubor, dolor y pérdida de la función (Park y Jacobson, 1999; Makovec y Ruegg, 2003).

La inflamación provoca cambios estructurales y funcionales en la glándula mamaria, además de cambios físicos, químicos y microbiológicos

en la leche (Bruckmaier *et al.*, 2004). En la leche de vacas con mastitis se ha encontrado una disminución en el contenido de nutrientes, por ejemplo una disminución del 10% de lactosa y grasa, un 18% de caseína y hasta un 67% de calcio (Kitchen, 1981; Harmon, 1994).

La mastitis se considera la enfermedad más importante de la lechería a nivel mundial, ya que representa un 30% del costo total de todas las enfermedades en el ganado lechero. Ésta enfermedad ocasiona grandes pérdidas en la producción láctea, principalmente en su forma subclínica, además de incidir negativamente en la composición de la leche y en la calidad de los derivados lácteos (Harmon, 1994; Park y Jacobson, 1999; Sharif y Muhammad, 2008).

Los principales microorganismos responsables de la mastitis son el *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis*, *Streptococcus agalactiae* y *Streptococcus dysgalactiae* (Figura 4) (Harmon, 1994).

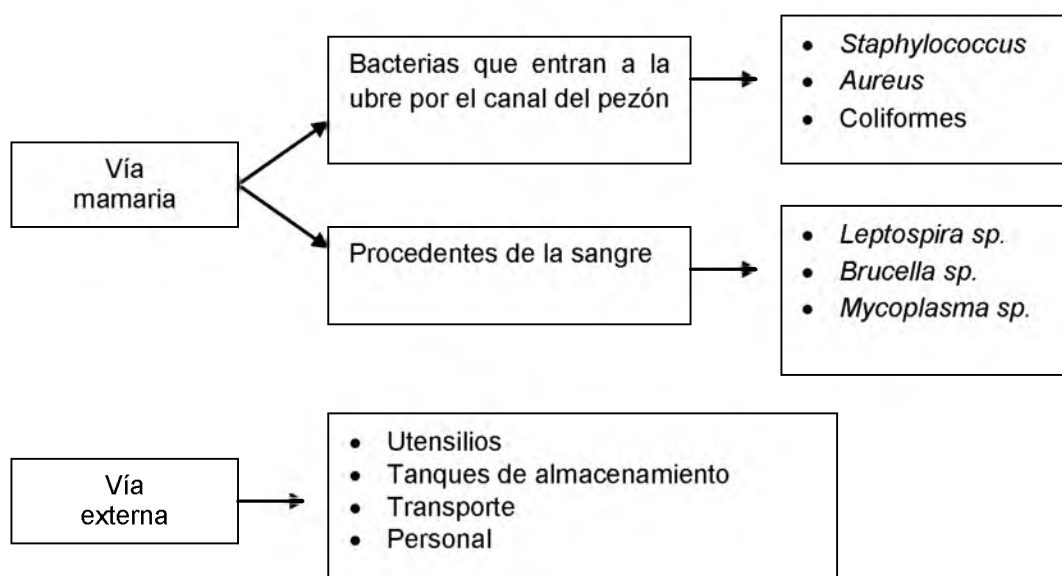


Figura 4. Vías de entrada y microorganismos implicados en la mastitis.

Modificado de Méndez y Osuna, 2007.

El 90% de los casos de mastitis son causados por agentes físicos o infecciosos que penetran a la ubre a través del pezón (Makovec y Ruegg, 2003; Tang *et al.*, 2006), sin embargo en su presentación participan el clima, condiciones de estabulación, nutrición y manejo durante el ordeño como factores predisponentes (Meglia y Mata, 2001; Tang *et al.*, 2006).

La penetración de los agentes patógenos se produce principalmente durante el ordeño, ya que el principal reservorio es la ubre infectada de otras vacas (Makovec y Ruegg, 2003; Arthur, 2009). Otra fuente de infección es la contaminación con bacterias coliformes, especialmente entre un ordeño y otro, debido a un mal sellado de los pezones o por un exceso de suciedad en los corrales (Meglia y Mata, 2001).

Cuando los microorganismos causantes de la mastitis entran a la glándula mamaria, el sistema inmune envía grandes cantidades de leucocitos hacia la leche para intentar destruir a las bacterias, lo que provoca la inflamación (Chacón *et al.*, 2006). La mastitis es una de las principales infecciones que causa un aumento en la cantidad de células somáticas en leche (Harmon, 1994).

Existen varios criterios de clasificación de la mastitis, entre los que destacan la causa, severidad y duración. De acuerdo al grado de severidad, la mastitis se clasifica en clínica y subclínica. El grado de las lesiones, las pérdidas de la producción láctea e identificación de los signos de la inflamación sirven como base para realizar el diagnóstico y determinar si la mastitis es clínica ó subclínica (Barkema *et al.*, 1999). La mastitis clínica se caracteriza por causar alteraciones visibles en la glándula mamaria y en las características de la leche (Bedolla *et al.*, 2006), el cuarto o los cuartos se

encuentran visiblemente alterados con inflamación, dolor y exudado; la leche se ve acuosa e incluso con sangre, asimismo la vaca puede presentar signos visibles como fiebre, pulso acelerado, pérdida del apetito y disminución en la producción láctea (Novoa, 2003). Por otro lado, la mastitis subclínica, es muy sutil y más difícil de detectar, ya que la vaca no presenta signos y la leche tiene una apariencia normal (Andresen, 2001; Cerón *et al.*, 2007; Sharif y Ahmad, 2007).

La mastitis subclínica es la forma de presentación más importante, por que precede a la forma clínica, es de larga duración, difícil de tratar con antibióticos, reduce radicalmente la producción de leche y las glándulas afectadas pueden servir como reservorio de microorganismos para infectar a otros animales del hato (Soca *et al.*, 2005; Tang *et al.*, 2006; Hernández y Bedolla, 2008).

El conteo celular somático es uno de los métodos más empleados para diagnosticar la mastitis subclínica, al ser una herramienta útil para conocer un índice de calidad de leche (Harmon, 1994). Si en la leche se observa un alto contenido de células somáticas, su valor económico será reducido, afectando así la economía de los productores.

4.7 Células somáticas en la leche

Las células somáticas son los componentes celulares de la leche y provienen de la sangre o del tejido mamario (Gürtler y Schweigert, 2005). Son células blancas que se encuentran de manera natural en el organismo y sirven como defensa de la glándula mamaria contra organismos patógenos. Están constituidas por una asociación de leucocitos polimorfonucleados (85%) y células epiteliales (15%). De la fracción de leucocitos un 30%

corresponde a macrófagos, 30% neutrófilos y 25% linfocitos (Gürtler y Schweigert, 2005; Curbelo, 2007). Los leucocitos se adhieren a la leche en respuesta a la inflamación que puede aparecer debido a una enfermedad o a una lesión aumentando su número (Hernández y Bedolla, 2008). Así, en la mastitis infecciosa aguda la proporción de leucocitos polimorfonucleados puede llegar hasta un 90% (Gürtler y Schweigert, 2005; Sharif y Muhammad, 2008). Un incremento del número de estas células dentro del alveolo, es un indicador de respuesta a la infección.

La leche de una glándula mamaria sana presenta valores de células somáticas por debajo de las 200,000 células/mL (Sharif y Muhammad, 2008). En las enfermedades inflamatorias de la ubre el contenido puede llegar hasta 50 millones células/mL (Hernández y Bedolla, 2008).

Debido a que las células somáticas se eliminan con la leche y guardan una relación muy estrecha con el grado de severidad de la mastitis, su cuantificación constituye uno de los principales criterios para evaluar el estado sanitario de la ubre y, por lo tanto es un indicador de la incidencia de mastitis subclínica (Shitandi y Kihumbu, 2004; Faría *et al.*, 2005).

4.7.1 Conteo de células somáticas (CCS). El CCS en leche es una herramienta útil para realizar el diagnóstico de mastitis subclínica (Cerón *et al.*, 2007; Olde *et al.*, 2007). Existe una relación directa entre el contenido de leucocitos en la leche y el conteo de células somáticas, por lo que el CCS en leche se considera una herramienta útil para realizar el diagnóstico de mastitis subclínica (Cerón *et al.*, 2007; Olde *et al.*, 2007). Así, un conteo mayor a 500,000 células/mL, indica que hay un problema de mastitis (Moreno *et al.*, 2007; Ogola *et al.*, 2007; Hernández y Bedolla, 2008).

Asimismo, el CCS también brinda información sobre las pérdidas en producción de leche (Chacón *et al.*, 2006).

Cuando la glándula mamaria sufre de inflamación, existe un incremento de bacterias, glóbulos blancos y enzimas que modifican la calidad sanitaria de la leche (Méndez y Osuna, 2007). Al proliferar los microorganismos patógenos ocurre un daño en el tejido secretor, dando como resultado una reducción en la concentración de algunos nutrientes de la leche, principalmente de caseína y lactosa (Harmon, 1994). Asimismo, ocurren cambios en la permeabilidad de las membranas, interfiriendo con el paso de nutrientes de la sangre a la leche (Fox, 1985; Curbelo, 2007).

Como una respuesta a la infección, el número de células somáticas incrementa, por lo que a medida que la mastitis se hace más severa, también aumenta CCS (Méndez y Osuna, 2007).

El CCS también puede verse incrementado por otros factores como la edad del animal y la etapa de la lactancia, sin embargo la influencia de éstos no afecta la interpretación de los resultados de las pruebas para la detección de mastitis (Harmon, 1994).

El CCS se realiza mediante el uso de pruebas diagnósticas como la prueba de California y Wisconsin modificada o bien utilizando métodos electrónicos como el Coulter Counter® y Fossomatic®. Sin embargo, el elevado costo de estos equipos limita el uso masivo de ellos.

4.8 Diagnóstico de mastitis

La glándula mamaria está protegida por un sistema complejo de mecanismos de defensa primarios que evitan la entrada de organismos patógenos y se relacionan con el conducto galactóforo; además, existen

mecanismos de defensa secundarios, localizados dentro de la glándula mamaria, que incluyen componentes químicos, celulares y de inmunidad (Park y Jacobson, 1999).

Los cambios patológicos y fisiológicos que ocurren en la glándula mamaria al existir una infección constituye un criterio básico para el diagnóstico de mastitis clínica y un conteo alto en células somáticas es un indicador de la presencia de mastitis subclínica (Chacón *et al.*, 2006; Curbelo, 2007).

El diagnóstico de la mastitis subclínica únicamente puede realizarse mediante el conteo de células somáticas. La prueba de campo más común practicada en vacas para la cuenta aproximada de leucocitos presentes en la leche es la prueba de California, otras como la prueba de Wisconsin modificada ó el uso de equipos electrónicos se llevan a cabo en el laboratorio.

4.8.1 Prueba de California para mastitis (CMT). Es una prueba simple, económica y práctica, utilizada a nivel de campo, adecuada para estimar de manera indirecta el número de células somáticas en la leche; sin embargo, no proporciona un valor numérico exacto, debido a que es una prueba subjetiva y los resultados pueden ser interpretados de forma variable entre las personas que realicen la prueba (Faría *et al.*, 2005).

Fundamento de la prueba: El reactivo de la CMT contiene un detergente llamado Alquil-Aril-Sulfonato que reacciona con las células somáticas, rompe la membrana celular y la membrana del núcleo compuestas de fosfolípidos, dejando libre el DNA, mismo que se aglomera y da una apariencia viscosa. Una viscosidad muy notoria significa que existe

una alta cantidad de células somáticas en la leche lo que significa un mayor grado de inflamación en esa glándula (Radostits *et al.*, 2007).

Para realizar la prueba se debe tomar una muestra de leche de cada cuarto en cada uno de los recipientes de la paleta de CMT. Una vez obtenida la muestra se agrega una cantidad igual de reactivo CMT a cada compartimento, la paleta se agita en movimientos circulares hasta mezclar totalmente el contenido, procurando no mezclar por más de 10 segundos, posteriormente se interpreta la prueba observando la reacción que tuvo la leche en cuanto a su viscosidad y color (Ávila, 1995).

La lectura de la prueba debe ser rápida debido a que la reacción desaparece a los 20 segundos, entre más gel se forme o más viscosa sea la leche, mayor será la calificación o grado de infección, ya que dicho grado está relacionado directamente con el número de células somáticas presentes en la leche (Shitandi y Kihumbu, 2004).

La interpretación de los resultados de la CMT se muestra en el Cuadro 3. Según la viscosidad de gel que se forme al mezclar el reactivo en la muestra, la calificación puede ser dada como negativo, leche sin cambios; trazas ó sospechoso, leche con pequeños grumos; grado 1 (+), se observa una ligera formación viscosa inmediatamente después de agregar el reactivo; grado 2 (++), cuando hay una formación viscosa inmediatamente después de agregar el reactivo y grado 3 (+++), cuando el líquido forma una masa, presenta una distintiva viscosidad y la mezcla se adhiere en el fondo de la paleta (Ávila, 1995).

Cuadro 3. Interpretación del número de células somáticas de acuerdo a las reacciones de CMT.

Grado de CMT	Células/mL	Interpretación
N (Negativo)	0 – 200,000	Cuarto sano
T (Trazas)	150,000 – 500,000	Mastitis subclínica
1 (+)	400,000 – 1,500,000	Mastitis subclínica
2 (++)	800,000 – 5,000,000	Infección seria
3 (+++)	> 5,000,000	Infección seria

Tomado de Radostits *et al.*, 2007.

4.8.2 Prueba de Wisconsin para mastitis (WMT). La WMT es una prueba cuantitativa y objetiva, fue diseñada para su uso en el laboratorio (Núñez *et al.*, 2008; Ávila, 1995). Se basa en la viscosidad de la mezcla del reactivo de California diluido con agua destilada combinada con la leche. Se utilizan tubos de plástico que tienen un orificio lateral para la entrada de aire y se tapan con tapones que en el centro presentan un orificio que permite tirar la mezcla agregada en el tubo (Ávila, 1995).

Debido al costo de los materiales originales y la dificultad para adquirirlos, se hizo una modificación a ésta prueba (Pérez y Gavilán, 1984; Ávila, 1995).

La prueba de Wisconsin modificada consiste en utilizar un tubo graduado en mililitros en donde se depositan 3 mL de leche y una mezcla de 3 mL de reactivo para CMT con agua destilada (relación 1:1) ambas a temperatura ambiente (Cerón *et al.*, 2007; Bedolla *et al.*, 2007). La muestra se agita durante 15 segundos, horizontalmente y de izquierda a derecha. Se deja reposar 15 segundos y posteriormente se voltean los tubos durante otros 15 segundos. Una vez transcurrido el tiempo, se procede a realizar la lectura de la muestra para su interpretación (Cuadro 4) (Cerón *et al.*, 2007;

Bedolla *et al.*, 2007; Ávila, 1995).

Cuadro 4. Interpretación del número de células somáticas en leche mediante la WMT.

Mililitros	Células (X1000)/mL
0-1.0	0-100
1.1-1.5	101-500
1.6-2.0	501-1000
2.1-2.5	1001-1700
2.6-3.0	1701-2500
> 3.0	> 2500

Tomado de Hernández, 2009.

Los conteos celulares de 100 a 1000 células/mL se consideran valores normales, los valores de 500×10^3 a 1×10^6 sospechosas y más de un millón de células se considera mastitis subclínica.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización

El estudio se llevó a cabo en la cuenca lechera de la Comarca Lagunera del Estado de Coahuila, localizada en la parte central de la porción norte de los Estados Unidos Mexicanos. La región se ubica entre los meridianos 102° 22' y 04° 47' longitud oeste y 24° 22' y 26° 23' latitud norte, con una altitud de 1139 msnm. El clima predominante es seco desértico semicálido con invierno fresco (BW_{hw}), la precipitación pluvial media anual es de 250 mm y la temperatura promedio anual de 24 °C (Cháirez y Palerm 2004; García, 2004).

5.2 Establos y animales

Se colectaron muestras de leche fresca de 4 establos lecheros localizados en los municipios de Francisco I. Madero, Matamoros, Torreón y Viesca, Coahuila. Los establos operan bajo un sistema tecnificado con manejo intensivo de dos o tres ordeñas al día, el número de animales en producción varía entre 300 y 2600. Todas las vacas muestreadas pertenecen a la raza Holstein-Friesian. De cada establo se seleccionaron vacas clínicamente sanas, de dos ó tres partos y en la misma etapa de lactación (segundo al tercer mes).

5.3 Colección de muestras

Se utilizaron 874 vacas, a las cuales se les tomó una muestra combinada de 10-15 mL de leche de los cuatro pezones en tubos estériles. El muestreo se llevó a cabo durante los meses de noviembre y diciembre. Se

colectaron 171, 282, 213 y 208 muestras de leche de los establos “Ramos”, “Buena Vista”, “San Nicolás” y “El Milagro de Fresnedo”, respectivamente, los cuales tenían 314, 2641, 350 y 1120 vacas en producción.

Una vez obtenidas e identificadas las muestras se mantuvieron en refrigeración a 4°C hasta su arribo al laboratorio donde fueron procesadas inmediatamente.

5.4 Diagnóstico de mastitis subclínica

El diagnóstico de mastitis subclínica se realizó mediante la prueba de California y la prueba de Wisconsin modificada. La primera se realizó a nivel de campo y la segunda en el laboratorio.

La prueba de California se realizó a todas las vacas antes de la toma de la muestra de leche. Previo a su realización, se efectuó la limpieza de los pezones con agua y jabón secando con un paño limpio, de cada pezón se eliminaron los primeros tres chorros de leche (despunte). La prueba se llevó a cabo de acuerdo a lo descrito por Ávila, (1995).

Por otro lado, las muestras fueron analizadas en el laboratorio para el conteo de células somáticas por medio de la prueba de Wisconsin modificada. El procedimiento y la interpretación de los resultados de dicha prueba se realizaron de acuerdo a lo descrito por Hernández (2009).

Para determinar la prevalencia de mastitis subclínica mediante la CMT se tomaron como positivas aquellas vacas que dieron resultados de trazas, grado 1, 2 y 3. Y para determinar la prevalencia mediante WMT se tomaron como positivas a las vacas que tuvieron un conteo mayor a 1 000 000 de células somáticas/mL de leche. Se calculó la prevalencia dividiendo el número de animales positivos entre el total de animales muestreados.

5.5 Análisis de la composición fisicoquímica de la leche

Para la estimación de los componentes nutricionales de la leche como grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos, se utilizó un equipo especializado para el análisis de leche (MilkoScope Expert Automatic[®]), cuya calibración se realizó siguiendo las instrucciones del fabricante.

5.6 Análisis estadístico

Las variables cuantificadas fueron cantidad de grasa, lactosa, proteína, sólidos no grasos y células somáticas en leche.

Se realizó una prueba de hipótesis para determinar si la proporción de animales afectados superaba una prevalencia de 30%.

Para determinar las correlaciones existentes entre los componentes nutricionales de la leche y el conteo de células somáticas obtenido mediante la WMT, se utilizó la prueba de correlación de Pearson, utilizando el programa estadístico SAS (SAS, 2004).

El contenido promedio de grasa, lactosa y proteína de la leche se comparó entre las vacas afectadas ($> 500\ 000$ células somáticas/mL de leche) vs las no afectadas ($< 500\ 000$ células somáticas/mL de leche) mediante una *t* de Student utilizando el programa estadístico SAS (SAS, 2004).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Componentes nutricionales de la leche

Las cantidades de grasa, lactosa, proteína y sólidos no grasos (SNG) de la leche de las vacas muestreadas en cada establo se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Porcentaje promedio de los componentes de la leche de vacas de cuatro establos de la Comarca Lagunera.

Establo	n	Componentes de la leche (%)			
		Grasa	Lactosa	Proteína	SNG
Ramos	171	1.89	5.07	3.40	9.27
B. Vista	282	2.51	4.98	3.33	9.04
S. Nicolás	213	2.01	4.87	3.25	8.83
M. Fresnedo	208	2.50	5.02	3.37	9.12
Promedio	874	2.23	4.99	3.34	9.07

Los valores para lactosa (4.99%), proteína (3.34) y SNG (9.07%) se encuentran dentro de los rangos normales reportados para la leche de vacas de ésta raza (Buxadé y Caballero, 1996; Alsina *et al.*, 2002; Salama *et al.*, 2003; Fernández *et al.*, 2008). Fernández y colaboradores (2008), reportan promedios de grasa, lactosa, proteína y sólidos totales en la leche, de 3.7, 4.5, 2.7 y 11.9% respectivamente, de igual manera, José y De Pinho (2008), reportan porcentajes de 3.17, 3.05, 4.65 y 10.38, para grasa, proteína, lactosa y sólidos totales, respectivamente.

El porcentaje de grasa promedio obtenido en este estudio (2.2%) es menor al promedio observado en ganado lechero de la raza Holstein, en el que se ha reportado un valor promedio de 3.6% (West *et al.*, 1990; Salama *et al.*, 2003). Esto se debe a que la muestra de leche fue obtenida al inicio del ordeño; se ha comprobado que el porcentaje de grasa en leche varía

durante este proceso. Así, Gilmore y Gaunt (1963), observaron que la leche obtenida al inicio del ordeño contenía un porcentaje de grasa de 1.6 en comparación con la leche del final del ordeño (4.7%).

Otros factores que pudieron influir en el porcentaje de grasa en leche de este estudio son los nutricionales (Miller y Hooven, 1969; José y De Pinho, 2008; Pennington, 2008). Así, en los establos muestreados en este estudio, es posible que algunos factores como la composición de la dieta, la relación forraje-concentrado y la alta producción de leche, afecten negativamente la cantidad de grasa en la misma.

6.2 Prevalencia de mastitis subclínica

6.2.1 Prueba de California. La prevalencia de mastitis subclínica por vaca mostró una amplia variabilidad entre establos. Las prevalencias fueron de 16.9, 34.7, 47.4 y 56.7% para los establos “Ramos”, “Buena Vista”, “San Nicolás” y “El Milagro de Fresnedo”, respectivamente. La variabilidad de la prevalencia de mastitis subclínica en los establos se puede atribuir al manejo sanitario durante el ordeño y a la higiene de las instalaciones (Sharif y Ahmed, 2007).

La prevalencia promedio de mastitis subclínica por vaca fue obtenida considerando el número total de vacas a las que se les realizó la prueba de California y el número total de vacas con reacción positiva. Se observó que de las 874 vacas a las que se le realizó la prueba, 346 (39.5%) mostraron una reacción positiva. Este resultado es similar a lo reportado por Ávila y Gutiérrez (2001), quienes observaron una prevalencia del 40% al evaluar ganado bovino de doble propósito. En el mismo sentido, Cunha *et al.* (2008) encontraron prevalencias de 43.9 y 38.7% en ganado lechero en Brasil.

La prevalencia de mastitis subclínica reportada en México es variable. Así, en hatos del Estado de Morelos se observó una prevalencia del 33% Ávila *et al.* (2002); en el Estado de Michoacán se encontraron prevalencias de 29.3, 32.3 y 43.1% (Bedolla *et al.*, 2008; Guzmán *et al.*, 2008; Pastor y Bedolla, 2008); en la península de Yucatán se ha reportado una prevalencia del 53% en ganado de doble propósito (Pech *et al.*, 2007). Estas diferencias entre estudios, incluyendo el nuestro, pueden atribuirse al manejo durante el ordeño, a la variabilidad genética de los animales estudiados y a la diferencia de clima en el que se realizaron los estudios citados. La prevalencia encontrada fue mayor al 30% ($p < 0.05$) planteada en la hipótesis de este trabajo.

La prevalencia por cuartos de mastitis subclínica observada en los diferentes establos fueron de 5.11, 12.59, 23.71 y 25.84% para los establos “Ramos”, “Buena Vista”, “San Nicolás” y “El Milagro de Fresnedo”, respectivamente. Se observó que 594 (17%) de los 3496 de los cuartos evaluados presentaron una reacción positiva (Cuadro 6). Dicha prevalencia fue menor que la prevalencia por vacas, esto se debe a que la mayoría de las vacas presentaron afectado solo un cuarto, mientras que los restantes estuvieron sanos.

La prevalencia por cuartos observada en este estudio es similar al 18% reportado en vacas lecheras por Rahman *et al.* (2009). Sin embargo, otros estudios han reportado resultados diferentes. Al respecto, Hawari y Al-Dabbas (2008) encontraron una prevalencia de 31.4% en vacas lecheras. Por otro lado, Castillo *et al.* (2008), reportan una prevalencia de 36.2% en hatos lecheros de Venezuela.

En estudios realizados en búfalas se observaron prevalencias de 37.7 y 27%, respectivamente (Allah *et al.*, 2005; Sharif y Ahmad, 2007). Siendo el principal responsable de esta variación el sistema de manejo de cada establo lechero, además de que de manera natural, las búfalas tienden a buscar los sitios más húmedos, lo que los predispone más a la presentación de la mastitis.

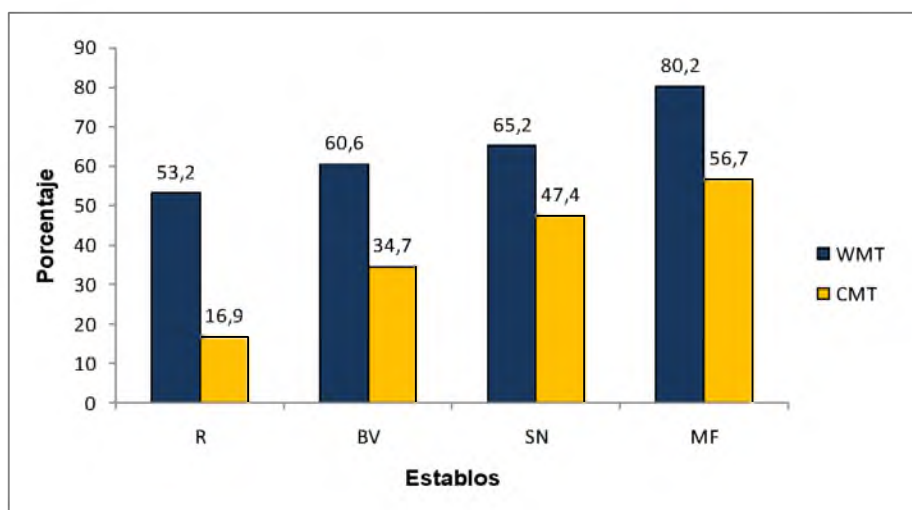
Cuadro 6. Prevalencia de mastitis subclínica por vaca y cuartos en cuatro establos lecheros de la Comarca Lagunera.

Establo	Prevalencia por vaca			Prevalencia por cuarto		
	Total	Positivas	%	Total	Positivos	%
Ramos	171	29	16.9	684	35	5.11
B. Vista	282	98	34.7	1128	142	12.59
S. Nicolás	213	101	47.4	852	202	23.71
M. Fresnedo	208	118	56.7	832	215	25.84
Total	874	346	39.5	3496	594	17

6.2.2 Prueba de Wisconsin modificada. De las 874 vacas analizadas, 569 presentaron un alto contenido de células somáticas (>1 000 000), lo que indica que la prevalencia promedio de mastitis subclínica en los establos es de 65.1% en estos establos mediante el uso de esta prueba en el laboratorio. Este resultado concuerda con lo reportado por Núñez *et al.* (2008), quienes reportan una prevalencia de 61.8% en hatos lecheros en México. En el mismo sentido, Ávila *et al.* (2004) observaron una prevalencia del 69% en establos lecheros del valle de México. Sin embargo, Romero *et al.* (2004) observaron una prevalencia de mastitis subclínica del 46% en hatos lecheros de Tlaxcala. El autor de este último estudio sugiere que la alta prevalencia pudo deberse a prácticas inadecuadas de manejo y desinfección de las ordeñadoras.

6.3 Comparación de resultados entre ambas pruebas (CMT y WMT)

Los resultados de prevalencia de mastitis subclínica en las 874 vacas obtenidos mediante las pruebas de California y Wisconsin fueron diferentes a pesar de que eran los mismos animales muestreados (39.6 vs 65.1% respectivamente). Ésta diferencia entre los resultados de ambas pruebas no concuerda con lo reportado en otros trabajos en los que se han observado resultados muy similares entre ellas (Ávila *et al.*, 2007). Asimismo, nuestros resultados no coinciden con lo encontrado por Kroger y Jasper (1966) quienes reportan una elevada correlación (0.99) entre los resultados de ambas pruebas. Cuando se evalúan los resultados por establos con ambas pruebas (Figura 5), observamos la misma tendencia; no obstante, la prevalencia encontrada con California es menor a la encontrada con Wisconsin.



R= Ramos; BV= Buena Vista; SN= San Nicolás; MF= El Milagro de Fresnedo.

Figura 5. Prevalencia de mastitis subclínica en los cuatro establos evaluados mediante CMT y WMT.

La diferencia entre este y otros estudios donde se comparan ambas técnicas puede atribuirse a dos causas. En primer lugar, a la subjetividad de la prueba de California, ya que la interpretación de dicha prueba puede

variar de acuerdo a la persona que la realiza (Ávila, 1995; Ávila *et al.*, 2007). En segundo lugar, en la realización de la prueba de Wisconsin existieron algunos ajustes en el procedimiento que probablemente alteraron la especificidad de dicha prueba provocando una mayor cantidad de falsos positivos. Por tal motivo, los resultados de la prueba de Wisconsin de este trabajo deben tomarse con reserva.

6.4 Análisis de correlación entre las características nutricionales de la leche y el número de células somáticas obtenido mediante la prueba de Wisconsin modificada

La correlación entre el conteo de células somáticas y el porcentaje de grasa, lactosa, proteína y sólidos no grasos de la leche de las 874 vacas se muestra en el Cuadro 7. El número de células somáticas en la leche no afectó las características nutricionales de la leche.

Cuadro 7. Coeficientes de correlación entre los componentes de la leche y el conteo de células somáticas (CCS) de vacas (n=874).

VARIABLE	GRASA	LACTOSA	PROTEÍNA	SNG
CCS	0.193**	-0.054NS	-0.052NS	-0.055NS
GRASA		0.226**	0.228**	0.228**
LACTOSA			0.876**	0.899**
PROTEÍNA				0.834**

NS = No significativo; ** = $P < 0.01$.

Estos resultados difieren de otros estudios donde se reporta una marcada correlación negativa entre el CCS y la lactosa. Sharif *et al.* (2007), encontraron una correlación negativa de -0.4 entre el CCS y la lactosa en leche de búfala. En el mismo sentido, Welper y Freeman (1992) encontraron una correlación negativa de 0.11 en leche de vacas Holstein. Por otro lado,

Harmon (1994) menciona que la disminución de lactosa esta asociado con un elevado CCS debido a una baja actividad enzimática durante la síntesis de leche.

El contenido de proteína en leche no fue afectado por el CCS ($P > 0.05$). Este resultado coincide con otros estudios en los que no se ha observado un cambio en la cantidad de proteína en leche (Luis *et al.*, 2007; Ogola *et al.*, 2007). Algunos estudios reportan un aumento en el porcentaje de proteína cuando el contenido de células somáticas en la leche aumenta (Suriyasathaporn *et al.*, 2000; Cerón *et al.*, 2002). Lo anterior se debe a un incremento en la permeabilidad capilar de los tejidos de la glándula mamaria causado por un cambio patológico (Curbelo, 2007).

En el caso de la grasa, se encontró una correlación positiva de 0.19 con el CCS ($P < 0.01$), lo que coincide con lo encontrado en algunos estudios (Kitchen, 1981; Suriyasathaporn *et al.*, 2000; Cerón *et al.*, 2002) y es diferente a lo reportado en otros (Harmon, 1994; Páez *et al.*, 2002; Wolter *et al.*, 2004).

6.5 Relación entre las características nutricionales de la leche y el número de células somáticas obtenido mediante la prueba de California

La relación entre el CCS y el porcentaje de grasa, lactosa, proteína y sólidos no grasos de la leche de las 874 vacas se evaluó calculando el número de células somáticas de acuerdo a lo descrito por Radostits *et al.* (2007).

La leche proveniente de las vacas de ambos grupos mostró diferencias significativas ($P < 0.01$) para lactosa (5.03 vs 4.88%), grasa (2.13 vs 2.46), proteína (3.36 vs 3.27%) y SNG (9.16 vs 8.87), para las vacas con menos de

500 000 células somáticas/mL y con más de 500 000 células somáticas/mL, respectivamente (Cuadro 8).

Una mayor cantidad de células somáticas disminuyó el contenido de lactosa y proteína y aumentó la cantidad de grasa en leche. Este mismo efecto fue observado en otros estudios (Miller *et al.*, 1983; Kukovics *et al.*, 1996; Cerón *et al.*, 2002; Rajcevic *et al.*, 2003).

Cuadro 8. Componentes de la leche de vacas con bajo (<500 000) y alto (>500 000) contenido de células somáticas mediante la prueba de California.

Componente	< 500 000 (n=528) Media ± ee	> 500 000 (n=346) Media ± ee
Grasa	2.13 ± 0.04 ^a	2.46 ± 0.05 ^b
Lactosa	5.03 ± 0.01 ^a	4.88 ± 0.02 ^b
Proteína	3.36 ± 0.01 ^a	3.27 ± 0.01 ^b
SNG	9.16 ± 0.03 ^a	8.87 ± 0.04 ^b

Diferente literal en la misma fila indican diferencia estadística (p<0.01)
ee= Error estándar

La disminución de la lactosa en la leche de vacas con mastitis subclínica puede deberse a un proceso de reducción enzimática de este disacárido en la glándula infectada, además de la reducción de la capacidad de síntesis por parte de la misma (Sharif *et al.*, 2007). Harmon (1994) menciona que en la glándula inflamada existe una alta concentración de cloruro de sodio, lo que trae como consecuencia una disminución en la síntesis de lactosa como mecanismo de compensación osmótica (Auld y Hubble, 1998).

En cuanto a la proteína, nuestros resultados son similares a lo encontrado por Palma *et al.* (2007), quienes reportan que la leche de vacas con un elevado número de células somáticas contiene una menor cantidad

de proteína (3.1%), lo que puede atribuirse a que la leche con un alto CCS cae en actividad proteolítica más rápido que la leche normal debido a la alta cantidad de microorganismos presentes (Urech *et al.*, 1999).

Por otro lado, en algunos estudios la cantidad de proteína se mantiene constante al aumentar el CCS (Lusis *et al.*, 2007; Ogola *et al.*, 2007). Harmon (1994), menciona que aunque el contenido total de proteína no sufre cambios significativos, la proporción de las diferentes fracciones que componen las proteínas de la leche pueden estar afectadas drásticamente (Wolter *et al.*, 2004).

Los resultados de este estudio muestran un aumento en el porcentaje de grasa de la leche con un alto contenido de células somáticas, de manera similar a lo reportado en la mayoría de los estudios (Suriyasathaporn *et al.*, 2000; Cerón *et al.*, 2002; Rajcevic *et al.*, 2003; Cunha *et al.*, 2008). En este caso, el aumento de la grasa encontrado puede deberse a que cuando existe un alto contenido de células somáticas se reduce la cantidad de leche producida y la síntesis de grasa sólo se afecta en una pequeña cantidad. Sin embargo, otros investigadores reportan que un elevado CCS está asociado a una disminución en el contenido de grasa, lo cual podría ser atribuido a la reducción de la capacidad de síntesis del tejido mamario (Harmon, 1994; Páez *et al.*, 2002; Wolter *et al.*, 2004).

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- Un alto contenido de células somáticas en la leche se relaciona negativamente con las cantidades de proteína y lactosa, lo que disminuye su calidad nutritiva y pudiera aminorar su rendimiento en subproductos como el queso.
- El contenido de lactosa y proteína de la leche de las vacas evaluadas en este estudio se encuentran dentro de los valores recomendados para este alimento, sin embargo se encontró un porcentaje de grasa por debajo del promedio normal para esta raza, lo que puede atribuirse a factores como la composición de la dieta, la relación forraje-concentrado y al momento de la toma de la muestra.
- La prevalencia de mastitis subclínica en los establos evaluados de la Comarca Lagunera es superior al 30% planteada en nuestra hipótesis.
- El conteo de células somáticas puede realizarse con éxito por medio de la pruebas de California y Wisconsin, sin embargo, ésta última requiere de equipo especializado y de personal capacitado para su realización.

7.2 Recomendaciones

La presencia de mastitis subclínica se asocia a prácticas sanitarias inadecuadas al momento del ordeño, por lo que se debe dar mayor importancia al empleo de algunas medidas sanitarias como las que a continuación se mencionan:

- Realizar un lavado y secado de la ubre con paños limpios por vaca.
- Efectuar el despunte de los cuatro pezones.
- Utilizar un presellador.
- Utilizar un sellador después del ordeño.
- Desinfectar y lavar las pezoneras entre cada ordeño.
- Ordeñar primero a las vacas sanas y al final a las enfermas.

Es muy importante establecer un programa de control de mastitis, en el cual las vacas sean verificadas cada mes mediante la prueba de California para detectar la presencia de animales con mastitis subclínica y dar un posible tratamiento a las vacas positivas.

A los animales con mastitis clínica se les debe de dar un tratamiento adecuado y a las vacas con infecciones crónicas se les debe de eliminar del hato.

8. LITERATURA CITADA

- Agudelo G. D. A., Bedoya M. O. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Revista Lasallista de Investigación. Antioquia, Colombia. 2(1):2-6.
- Allah B. H., Iqbal Z., Jabbar A., Abbas R. Z., Riasat A. 2005. Sub-clinical bovine mastitis in attock district of Punjab (Pakistan). Int. J. Agri. Biol. 7(6).
- Alsina, D. A., R. L. Althaus, Z. G. Santini, M. Freyre, C. A. Meinardi., J. R. Díaz, 2002. Variación de la composición química de la leche de cabra criolla a lo largo de la lactación. En: Producción ovina y caprina. Universidad San Pablo-Ceu, Valencia, Spain. 218-223.
- Andresen S. H. 2001. Mastitis: Prevención y control. Rev. In. Vet. Perú. 12(2):55-64.
- Arthur H. K. 2009. Quality control of raw cows milk by headspace analysis, a new approach to mastitis diagnosis. Tesis de doctorado. 1-128.
- Auldism M. J., Hubble I. B. 1998. Effects of mastitis on raw milk and dairy products. Aust. J. Dairy Technol. 53:28-36.
- Ávila T. S. 1995. Producción intensiva de ganado lechero. 5ª edición. Ed. Ateneo. Buenos Aires. BAUCCELLS, J. México p. 1-123.
- Ávila, T. S., Gutiérrez, C. J. 2001. Epidemiología de las mastitis en hatos pequeños. III Congreso Nacional de Control de Mastitis y Calidad de la leche. León, Gto. México. 61-67.
- Ávila T. S., Gutiérrez C. J. A., Sánchez G. J. I., Canizal J. E. 2002. Comparación del estado de la salud de la ubre y la calidad sanitaria de la leche de vacas ordeñadas manual o mecánicamente. Veterinaria México. (4): 33.
- Ávila T. S., Gutiérrez C. J. A., Sánchez G. J. I., Canizal J. E., Torres V. 2004. Mastitis y glándulas improductivas en hatos pequeños. Memorias XXVIII Congreso Nacional Buiatría 2004. Morelia, Michoacán, México.
- Ávila T. S., Lazcano P. R., Navarro H. J. 2007. Confianza en la determinación de células somáticas en leche de vaca mediante la aplicación de las pruebas para mastitis: CMT, WMT, CMCS, Fossomatic y DCC. Bovinotecnia. Boletín técnico virtual de FMVZ. (13)

Disponible en:
<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtemporN001.htm>. Consultado en febrero de 2010.

- Ayadi M. 2003. Evaluación de la estructura interna de la ubre mediante ecografía y efectos de la frecuencia de ordeño en vacas lecheras. Departament de Ciència Animal I Dels Aliments. Universitat Autònoma de Barcelona. Tesis de doctorado. 2-89.
- Barkema H. W., Schukken Y. H., Lam T. J. G. M., Beiboer M. L., Benedictus G., Brand A. 1999. Management practices associated with the Incidence Rate of clinical Mastitis. *J Dairy Sci.* 82:1643-1654.
- Bedolla C. C., Castañeda V. H., Wolter W. 2007. Métodos de detección de la mastitis bovina. *Revista electrónica de Veterinaria.* 8(9):1-17.
- Bedolla C. C., Mejía A. R., Pérez C. J. G., Valdivia V.O., Castañeda V.H., Wolter W. 2006. Prevalencia de mastitis clínica en el ganado lechero de Tejaro, municipio de Tarímbaro Michoacán. *Avances en la Investigación Científica en el CUCBA.* Universidad de Guadalajara. 726-730.
- Bedolla C. C., Mejía A. R., Castañeda V. H., Wolter W., Castañeda V. M., Pérez, C.G., Serratos, A.J.C. y Mathias, K.F. 2008. Prevalencia y etiología de la mastitis subclínica en el municipio de Cherán Michoacán. *Memorias del 5° Seminario Internacional en Reproducción y Producción de Leche y Carne.* UAM-X. México. 272-275.
- Buxadé, C., Caballero J. R. 1996. El subsector caprino a nivel mundial y de la Unión Europea. En: *Zootecnia. Bases de la producción animal. Producción caprina.* Editorial Mundi-Prensa, Madrid, Spain, IX: 15-27.
- Bruckmaier R. M., Ontsouka C. E., Blum J. W. 2004. Fractionized milk composition in dairy cows with subclinical mastitis. *Vet. Med. Czech,* 49 (8):283-290.
- Castillo, M., Suniaga, J., Rojas, G., Hernández, J. Caamaño J., Urbina A., Tovar L. 2008. Prevalencia de mastitis subclínica en la Zona Alta del Estado Mérida. *Revista Científica Agricultura Andina.* Venezuela. 16:39-48.
- Cerón M. M. F., Agudelo J. E., Maldonado E. J. G. 2007. Relación entre el recuento de células somáticas individual o en tanque de leche y la prueba CMT en dos fincas lecheras del departamento de Antioquia

(Colombia). Rev. Col. Cienc. Pec. 20:472-483.

Cerón M. M., Tonhati H., Duarte J., Oliveira J., Muñoz B. M., Jurado G. H. 2002. Factor affecting cell counts and their relation with milk and milk constituent yield in Buffaloes. J. Dairy Sci.85:3885-2889.

Corbellini C. N., Garbarino J. E., Benzaquen E. M., Serrano P., Musset G. 2005. Impacto de la mastitis subclínica sobre la producción de quesos duros. Proyecto lechero, E.E.A. INTA Pergamino, Pcia, Buenos Aires Argentina. Disponible en: http://www.agro.uba.ar/catedras/p_lechera/corbellini.pdf. Consultado en enero de 2010.

Curbelo R. J. E. 2007. Relación entre los recuentos de células somáticas, prácticas de manejo y patógenos causantes de mastitis en hatos lecheros de puerto rico. Tesis de maestría. 1-89.

Cunningham J. G. 1999. Fisiología veterinaria. 2ª edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana España. México. p. 543-560.

Cunha R. P. L., Molina L. R., Carvalho A. U., Facury F. E. J., Ferreira P. M., Gentilini M. B. 2008. Mastite subclínica e relação da contagem de células somáticas com número de lactações, produção e composição química do leite em vacas da raça Holandesa. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 60:19-24.

Chacón V. A., Vargas R. C. F., Jiménez R. M. P. 2006. Incidencia del conteo de células somáticas de un sellador de barrera (Yodo-Povidona 0.26%) y un sellador convencional (Yoduro 0.44%). Agronomía Mesoamericana. 17(2):207-212.

Cháirez A. C., Palerm V. J. 2004. Boletín archivo histórico del agua: organizaciones autogestivas para el riego. Disponible en: http://jacintapalerm.hostei.com/Boletin_AHA_2004_chairez_palerm.pdf. Consultado en enero de 2010.

Faría R. J. F., García U. A., D'Pool G., Valero L. K., Allara C. M., Angelosante G. 2005. Detección de mastitis subclínica en bovinos mestizos doble propósito ordeñados en forma manual o mecánica. Comparación de tres pruebas diagnósticas. Venezuela. Revista científica, FCV-LUZ. 15(002):109-118.

Fernández M., Castillo J. H., Gonzales M. J. R., Fernández F. J., Castañeda V., Saltijeral O. J. A. 2008. Somatic cell counts and quality of goat milk

produced in the central region of Mexico. *Research Journal of Dairy Sciences* 2(2):45-50.

Fox L. K., Shook G. E., Schultz L. H. 1985. Factors Related to Milk Loss in Quarters with Low Somatic Cell Counts. *J. Dairy Sci.* 68:2100-2107.

García E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 5ª edición. Instituto de Geografía de la UNAM. México.

Gilmore H. C., Gaunt S. N. 1963. Variations in Per Cent of Protein, Milk Fat, and Solids-not-fat between Milkings and during the Milking Process. *Journal of Dairy Research.* 20:146-153.

Green M. J., Green L. E., Schukken Y. H., Bradley A. J., Peeler E. J., Barkema H. W., Haas Y., Collis V. J., Medley G. F. 2004. Somatic Cell Count Distributions During Lactation predict Clinical Mastitis. *J. Dairy Sci.* 87:1256-1264.

Guzmán S. C., Jarquín R. A., Sánchez G. C., Guillen V. L. A., Chong L. N. P., Mejía A. R., Rentería S. I., Bedolla, C. C. 2008. Prevalencia de mastitis subclínica en Uruetaro Municipio de Tarímbaro Michoacán. *Memorias del 5º Seminario Internacional en Reproducción y Producción de Leche y Carne.* UAM-X. México. p. 276-278.

Gütler H., Schweigert F. J. 2005. Fisiología de la lactación, en: Engelhardt V. W. Breves G., Editores. *Fisiología veterinaria.* 1ª edición. Zaragoza España. Editorial Acribia. p. 603-624.

Harmon R. J. 1994. Symposium: Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. Mastitis and genetic evaluation for somatic cell count. *J. Dairy Sci.* 77:2103-2112.

Hafez, E. S. E., Hafez B. 2002. *Reproducción e inseminación artificial en animales.* 7ª edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México. p. 519.

Hawari D. A., Al-Dabbas F. 2008. Prevalence and distribution of mastitis pathogens and their resistance against antimicrobial agents in dairy cows in Jordan. *American J. Animal y Vet. Sci.* 3(1):36-39.

Hernández A. L. 2009. Diagnóstico de la mastitis subclínica bovina por medio de la prueba modificada de Wisconsin. *500 Tecnologías Llave en Mano,* División pecuaria, Edición 1999. INIFAP-SAGAR. Disponible

en:http://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=534&Itemid=138. Consultado en febrero de 2010.

- Hernández R. J. M., Bedolla C. J. C. 2008. Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de leche. Sitio Argentino de producción animal. Revista Electrónica de Veterinaria. Vol. IX. N° 9. 1-34.
- José Z. W., De Pinho M. 2008. Evaluación de la glándula mamaria y composición química de la leche en vacas primíparas mestizas lecheras en el parto, hasta el quinto mes de lactación. Revista Científica. 18(005):562-569.
- Kitchen B. J. 1981. Review of the progress of dairy science: Bovine mastitis: Milk compositional changes and related diagnostic tests. J. Dairy Res. 48:167.
- Kroger D., Jasper D. E. 1966. Correlation between California Mastitis y Wisconsin Mastitis Test reagents as used in the Wisconsin Mastitis Test. J. Dairy Sci. 50(1).
- Kukovics, S., A. Molnar, M. Abraham and T. Schuszter, 1996. Phenotypic correlation between somatic cell count and milk components. Allatattenyesztesi-es-Takarmanyozas, 45:205-15.
- Lusis I., Kocina I., Antane V., Jemeljanovs L. 2007. Changes in immunological parameters and lactose in cows with increased somatic cell count in milk. Symposium at the St Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, Russia. p.18.
- López O. M. 2004. Mejoramiento de vida de anaquel en queso tradicional rancho y queso de pasta hilada (Oaxaca). Universidad Iberoamericana. Méx. D.F. Tesis de maestría. p.10-18.
- Makovec A. J., Ruegg L. P. 2003. Results of milk samples submitted for microbiological examination in Wisconsin for 1994 to 2001. J. Dairy Sci. 86:3466-3472.
- McManaman L. J., Neville C. M. 2003. Mammary physiology and milk secretion. University of Colorado Health Sciences Center, Denver. Advanced Drug Delivery Reviews (55):629-641.
- Meglia, G. E. Mata, H. T. 2001. Mecanismos específicos e inespecíficos de defensa, con referencia a la glándula mamaria de los bovinos productores de leche. Revista de ciencias Veterinarias de la Facultad

de ciencias veterinarias de Argentina. p. 29-40.

- Méndez M. V. M., Osuna A. L.E. 2007. Caracterización de la calidad higiénica y sanitaria de la leche cruda en algunos sistemas productivos de la región del alto del Chicamocha (departamento de Boyacá). Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de la Salle. Bogotá Colombia. Tesis de Licenciatura. p. 1-112.
- Miller R. H., Hooven N. W. 1969. Factors affecting Whole- and part- Lactation milk yield and fat percentage in a herd of Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 52 (10):1588-1600.
- Miller R. H., Emanulesson U., Person E., Brolund L., Philipsson J., Funke H. 1983. Relationships of milk somatic cell count to daily milk yield and composition. *Acta Agric. Scand.* 33:209-23
- Moreno V. F. C., Rodríguez M. G., Méndez M. V. M., Osuna A. L. E., Vargas M. R. 2007. Análisis microbiológico y su relación con la calidad higiénica y sanitaria de la leche producida en la región del alto de Chicamocha (Departamento de Boyacá). *Rev. De Med. Vet.* (014):61-83.
- Novoa Q. R. M. 2003. Evaluación epizootiológica y económica de la mastitis bovina en rebaños lecheros especializados de la provincia de Cienfuegos. Universidad Agraria de la Habana, Cuba. Tesis de maestría. p. 1-116.
- Núñez D. C., Morales S. E., Martínez M. J. J., Hernández A. L. 2008. Detección de mastitis bovina subclínica por micoplasmosis mediante ELISA indirecta y aislamiento. *Vet. Méx.*, 39(2):161-171.
- Ogola H., Shitandi A., Nanua J. 2007. Effect of mastitis on raw milk compositional quality. *J. Vet. Sci.* 8(3):237-242.
- Olde R. G. M., Barkema W. H., Veenstra W., Berg E. F. Strynh H., Zadokss N. R. 2007. Somatic cell count during and between milkings. *J. Dairy Sci.* 90:3733-3741.
- Ortiz S. J. A., García T. O., Morales T. G. 2005. Manejo de bovinos productores de leche. Manual de bovinos productores de leche. Colegio de postgraduados. p. 3-57.
- Palma J., Núñez R., Espinoza F., Vargas T., Folache L., Aguirre C., Linares Z. 2007. Calidad de la leche en los municipios san José de Guaribe,

- Camatagua y Urdaneta. I Simposio: Tecnologías apropiadas para la ganadería de los llanos de Venezuela. p. 220-231
- Park C. J., Jacobson N. L. 1999. Fisiología de los animales domésticos de Dukes. 2ª edición. Tomo 2, Limusa. México. p. 711-727.
- Pastor G. F. J. I., Bedolla C. J. L. C. 2008. Determinación de la prevalencia de mastitis bovina en el municipio de Tarímbaro, Michoacán, mediante la prueba de California. Rev. Electrón. Vet. 9(10).
- Páez L., López N. Salas K., Spaldillero A., Verde O. 2002. Caracterización Físico-Químicas de la leche cruda en las zonas de Aroa y Yaracal, Venezuela. Revista científica, FCV-LUZ. 12(2):113-120.
- Pech M. V. C., Carvajal H. M., Montes P. R. 2007. Impacto económico de la mastitis subclínica en hatos bovinos de doble propósito de la zona centro del estado de Yucatán. Tropical and Subtropical Agroecosystems. (7):127-131.
- Pennington J. A. 2008. Factors affecting fat percent in milk of lactating cows. Universidad of Arkansas. Division of Agriculture. Disponible en: http://www.uaex.edu/other_areas/publications/pdf/fsa-4014.pdf. Consultado en abril de 2010.
- Pérez D. M., Gavilán P. 1984. Biología y Microbiología de la leche. Editorial Limusa. 1ª edición. México. p. 164-166.
- Piñeros G. G. 2005. "Aseguramiento total de la calidad en la cadena lechera" La calidad como factor de competitividad en la cadena láctea. Caso: Cuenca leera del Alto de Chicamocha, Colombia. Ed. Ediciones Hispanoamericanas. p. 11-15.
- Radostits O. M., Gay C. C., Hinchcliff K. W., Constable P. D. 2007. Veterinary Medicine. 10th edition. p:673-696.
- Rajcevic M., Potocnik K., Levstek J. 2003. Correlation between somatic cell count and milk composition with regard to the season. Agri. Conspectus Scien. 68(3):221-226.
- Rahman M. A., Bhuiyan M. M. U., Kamal M. M., Shamsuddin M. 2009. Prevalence and risk factors of mastitis in dairy cows. The Bangladesh Veterinarian. 26(2):54-60.
- Romero M. C., N. Sánchez J. J. Curiel G. y R. Vázquez R. 2004. Prevalencia

y determinación de bacterias causantes de mastitis en dos hatos lecheros en el valle de Huamantla. Memorias XXVIII Congreso Buiatría 2004. Morelia, Michoacán, México. p. 42-64.

Salama A. A. K., Such X., Caja G., Rovai M., Casals R., Albanell E., Marín M. P., Martí, 2003. Effects of once versus twice daily milking throughout lactation on milk yield and milk composition in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 86:1673-1680.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2004. Situación actual de la producción de leche de bovino en México. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia>. Consultado en Octubre de 2009.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2008. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México. Boletín del Mercado Internacional Agropecuario. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia>. Consultado en octubre de 2009.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2009. Avances de la producción pecuaria. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx>. Consultado en noviembre de 2009.

Shitandi A., Kihumbu G. 2004. Assessment of the California mastitis test usage in smallholder dairy herds and risk of violative antimicrobial residues. *J. Vet. Sci.* 5(1):5-9.

Sharif A., Ahmad T. 2007. Prevalence of severity of Mastitis in Buffaloes in District Faisalabad (Pakistan). *Journal of Agriculture & Social Science.* 3(1):34-36.

Sharif A., Ahmad T., Bilal Q. M. Yousaf A., Muhammad G., Urrehman S., Pansota M. F. 2007. Estimation of Milk Lactose and Somatic Cells for the Diagnosis of Sub-clinical Mastitis in Dairy Buffaloes. *International Journal of Agriculture & Biology.* 9(2):267-270.

Sharif A., Muhammad G. 2008. Somatic cell count as an indicator of udder health status under modern dairy production: a review. *Pakistan Vet. J.*, 28(4):194-200.

Soca P. M., Suárez F. Y. E., Soca P. M., Pestano O. M., Puron G. C. A. 2005. Evaluación epizootiológica de la mastitis bovina en dos unidades ganaderas de la Empresa Pecuaria "El Cangre". *Revista Electrónica de*

Veterinaria. 6(8).

Statistical Analysis System (SAS) Institute Inc. 2004. SAS/IML® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Suriyasathaporn W., Schukken H. Y., Nielsen M., Brands. 2000. Low somatic cell count: a risk factor for subsequent clinical mastitis in a dairy herd. J Dairy Sci. 83:1248-1255.

Tang P. J., Alvarado S. A., Ledesma B. V. 2006. Evaluación de eficacia de una suspensión intramamaria sobre la base de Cefalexina, Gentamicina, Dexametasona y Vitamina A (Cefa-Milk®) en el tratamiento de infecciones intramamarias en vacas lecheras Holstein. Universidad nacional mayor de San Marcos de la Facultad de Medicina Veterinaria. p. 1-10.

Urech E., Puhanaand Z., Schallibaum M. S. 1999. Changes in milk protein fraction as affected by subclinical mastitis. J. Dairy Sci., 82:2402-2411.

Welper R. D., Freeman A. E. 1992. Genetic parameters for yield traits of Holsteins including lactose and somatic cell score. J. Dairy Sci. 75:1342-1348.

Wolter W., Castañeda V. H., Kloppert B., Zschoeck M. 2004. La mastitis bovina. Instituto Estatal de Investigaciones de Hesse-Alemania. Universidad de Guadalajara. p. 60-61.

9. APÉNDICES

9.1 Pruebas para el diagnóstico de mastitis subclínica.

9.1.1 Pasos para la prueba de California:

- 1) Para realizar la prueba primero se hizo la desinfección de la ubre, enseguida se procedió a despuntar, eliminando los primeros dos o tres chorros.
- 2) Se depositó una muestra de leche en cada cuarto en la paleta (2-3 ml), en cantidades iguales y se agregó el reactivo de California en cantidades iguales a las de la leche.



- 3) Se homogenizó la muestra y se leyó el resultado antes de los 20 segundos, de acuerdo al cuadro de interpretación para esta prueba.



9.1.2 Pasos para la prueba de Wisconsin modificada:

- 1) Se colocaron 3 ml de leche y 3 ml de reactivo en los tubos especiales para esta prueba.



- 2) Se taparon los tubos y posteriormente se movió la gradilla durante 15 segundos (posición horizontal). Se dejaron reposar los tubos durante 15 segundos.



- 3) Se volteo la gradilla en posición vertical y se dejo salir la mezcla durante 15 segundos.



- 4) Se regresó la gradilla a su posición normal y se hizo la lectura de los mililitros restantes de acuerdo a la tabla de interpretación.

9.2 Análisis de los componentes de la leche mediante MilkoScope®:

- 1) Para hacer el análisis de los componentes de la leche se utilizó el contador MilkoScope®.



- 2) El Milkcoescope® nos da los valores (%) de grasa, densidad, lactosa, sólidos no grasos, proteína, agua, Ph y temperatura (°C).



- 3) Una vez obtenidos los valores se procedió a registrarlos en un formato elaborado especialmente para ello.

9.3 Poster presentado en el “Congreso Internacional de Mastitis y Calidad de Leche”. Marzo 2010.



UNPA
UNIVERSIDAD NACIONAL POLITÉCNICA
AGROPECUARIA

CONTENIDO DE CÉLULAS SOMÁTICAS, GRASA, LACTOSA Y PROTEÍNA EN LECHE DE BOVINOS DE LA COMARCA LAGUNERA

Luna E.A.L.¹, Valenzuela J.N.², Pastor L.F.J.², Sánchez H. M.A.¹, Aguilar M.C.U.¹, Isidro R.L.M.²

¹Universidad del Papaloapan, ²INIFAP Campo exp. La Laguna



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

INTRODUCCIÓN

La leche es uno de los alimentos más completos debido a su alto contenido de nutrientes como proteínas, lactosa y grasa, además de ser una fuente importante de vitaminas y minerales como el calcio (Orozco, 2004). La calidad de la leche puede ser modificada por diversos factores, sin embargo uno de los problemas más comunes y costosos es la mastitis, la cual se caracteriza por una disminución en la producción y por afectar el valor nutricional de la leche y sus derivados (Sharif y Ahmad, 2007). La mastitis subclínica puede diagnosticarse mediante el conteo de células somáticas en la leche. Esta técnica es un buen indicador del grado de inflamación y posiblemente de la calidad nutritiva de la leche.

OBJETIVO

Determinar el efecto de un alto contenido de células somáticas sobre la cantidad de lactosa, grasa y proteína de la leche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron 874 muestras de leche fresca de 4 establos lecheros localizados en los municipios de Matamoros y Viesca, Coahuila, pertenecientes a la Comarca Lagunera (Fig. 1).



De cada establo se seleccionaron al azar 200 a 250 vacas clínicamente sanas de dos a tres partos y en la misma etapa de lactación, a las que se les realizó la prueba de California para detectar la presencia de mastitis subclínica y se les tomó una muestra de leche de los cuatro pezones en tubos estériles. Las muestras de leche fueron analizadas para conocer su contenido de grasa, lactosa y proteína mediante un equipo especializado (Milkoscope®). Para el análisis estadístico las vacas fueron clasificadas en dos grupos. Aquellas con un alto contenido de células somáticas (> 500 000 células somáticas/ml de leche) y las que tenían un número bajo (< 500 000). El contenido promedio de grasa, lactosa y proteína de la leche se comparó entre ambos grupos mediante una prueba estadística T de Student utilizando el programa estadístico SAS (SAS, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la prueba de California muestran que 346 vacas (39.6%) tuvieron un contenido alto de células somáticas, lo que indica una prevalencia de mastitis subclínica en esos establos de casi un 40%, superior a lo encontrado por Avila et al (2002) en hatos del Estado de Morelos, donde observaron una prevalencia del 33% y es inferior a la prevalencia encontrada por Pech et al (2007) en Yucatán (63%) en ganado de doble propósito.

Esta diferencia es debido a los distintos manejos y sistemas de producción en cada establo lechero. Por otro lado, las vacas con mayor número de células somáticas presentaron diferencias en los contenidos de lactosa, grasa y proteína de su leche en comparación con vacas con menos de 500 000 células somáticas/ml de leche (p<0.01) (cuadro 1).

Cuadro 1. Componentes de la leche de vacas con bajo (< 500 000) y alto (>500 000) contenido de células somáticas.

Componente	< 500 000 (n=526) Media ± ee	> 500 000 (n=346) Media ± ee
Grasa	2.13 ± 0.04*	2.46 ± 0.05*
Lactosa	5.03 ± 0.01*	4.88 ± 0.02*
Proteína	3.36 ± 0.01*	3.27 ± 0.01*
Sólidos no grasos	9.16 ± 0.02*	8.97 ± 0.04*

Diferente literal en la misma fila indica diferencia estadística (p<0.01).

Este efecto negativo en las cantidades de lactosa y positivo en la grasa ha sido observado en algunos estudios (Cerón et al., 2002; Rajcevic et al., 2003), sin embargo, la proteína está aumentada en otros (Rajcevic et al., 2003). Esto puede deberse a que la leche de cuartos con mastitis cae en actividad proteolítica más rápidamente que la leche normal (Urech et al., 1999) y en el caso de la lactosa, su disminución se debe a que la inflamación reduce la actividad sintética del tejido mamario (Harmon, 1994).



CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio permiten concluir que la leche de vacas con mastitis subclínica se ve afectada negativamente en su calidad nutritiva y que el conteo de células somáticas puede ser un buen indicador de dicha calidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo al Fondo mixto CONACYT – Gobierno del Estado de Coahuila con el proyecto COAH - 2008 - C07 – 92890.

LITERATURA CITADA

•Ade, T.S., Gutiérrez, Ch.R.J., Sánchez, G.J., Corbell, J.E. 2002. Comparación del estado de salud de la ubre y la calidad sanitaria de la leche de vacas ordeñadas manual y mecanicamente. *Univ. Mexicana*, 20(4):247-254

•Castro, M., H. Toubali, J. Duarte, J. Oliveira, M. Muñoz-Barral, H. Jarama-Gómez. 2002. Factors affecting somatic cell counts and their relations with milk and milk constituent yield in buffaloes. *J. Dairy Sci.* 85:2980-2989

•Crawford, R. J. 1984. Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. *J. Dairy Sci.* 67: 2183-2112.

•Kajovic, M., Poljanec, R., Lovcic, J. 2003. Correlations Between Somatic Cells Count and Milk Composition with regard to the Bosque Agrícola de Coahuila. *Univ. Mexicana*, 21(1): 229.

•Ocasio L. M. 2004. Mejoramiento de vida de animal en queso tradicional ranchero y queso de doble leche. *U. Interamericana Méx.* D.F. pp.10-18.

•Pech, V., Carragel, W. Blanes, E. 2007. Impacto económico de la Mastitis Subclínica en hatos lecheros de doble propósito de la zona Centro del Estado de Tlaxcala. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(2): 127-131.

•SAS. 1996. *Usari Guide Version 6*. Fifth Edition, Vol 2. Cary SAS Inst. Inc.

•Sharif A, and Ahmad T. 2007. Prevalence of severity of Mastitis in Buffaloes in District Faisalabad (Pakistan). *Journal of Agriculture & Social Science*, 2 (1):24-26

•Urech, E., Z. Pechan and M. S. Schallheim. 1999. Changes in milk protein fractions as affected by subclinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 82: 3482-2411.



www.inifap.com.mx