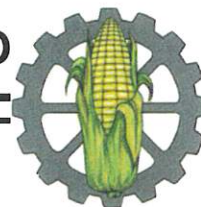




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“CALIDAD DE LA LECHE EN EXPLOTACIONES DE GANADO BOVINO DE
DOBLE PROPÓSITO EN TABASCO”**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

AGROALIMENTARIA

PRESENTA:

MATEO ORTIZ HERNÁNDEZ

Bajo la dirección de: José Guadalupe García Muñiz PhD.

Chapingo, Estado de México, Noviembre de 2005



**DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

MAESTRIA



Ciencia y Tecnología Agroalimentaria

**"CALIDAD DE LA LECHE EN EXPLOTACIONES DE GANADO BOVINO DE
DOBLE PROPÓSITO EN TABASCO"**

Tesis realizada por **MATEO ORTIZ HERNÁNDEZ** bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

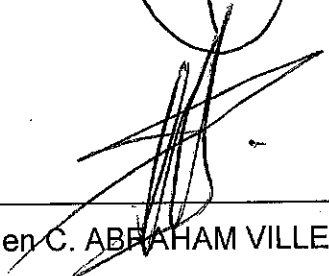
**MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
AGROALIMENTARIA**

DIRECTOR:



PhD. JOSÉ GUADALUPE GARCÍA MUÑIZ

ASESOR:



M. en C. ABRAHAM VILLEGAS DE GANTE

ASESOR:



Dr. MANRUBIO MUÑOZ RODRÍGUEZ

DEDICATORIAS

A DIOS POR HABER ALCANZADO UNA META MÁS EN MI VIDA

A MI ESPOSA:

GUADALUPE ORTIZ MARÍN

A MI HIJA:

LETMA HANYK ORTIZ ORTIZ

A MI MAMA:

ROSA HERNÁNDEZ DE LA CRUZ

A MIS HERMANOS:

LUIS ALFONSO, JOSÉ DEL CARMEN Y GUSTAVO ANDRÉS

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapíngo y el Departamento de Ingeniería Agroindustrial,
por la formación adquirida durante los dos años de preparación en la Maestría en
Ciencia y Tecnología Agroalimentaria.

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Extensión Universitaria de los Ríos por
todo el apoyo para la realización de esta Maestría.

A la Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria y todos los profesores que la
integran, así como también a todos los que son parte de la esta.

A el M. en C. Abraham Villegas de Gante, por su apreciada amistad y catedrático en la
Maestría.

Al Dr. José Guadalupe García Muñiz, por su tiempo y apoyo para la realización de la
tesis.

Al Dr. Manrubio Muñoz Rodríguez, por su entusiasmo y disposición.

Al M. en C. Enrique Pecero Covarrubias, por su apoyo constante.

Alma y Tere por su apreciada colaboración en la realización de esta tesis.

A mis amigos: Delia, Tacho, Fany, y Oscar, compañeros de la Maestría

Y a todos los que de una u otra forma me apoyaron en la realización de mis estudios.

DATOS BIOGRÁFICOS

Mateo Ortiz Hernández nació el 21 de Septiembre de 1973 en Villa Macultepec, Centro, Tabasco. Su formación académica inició con sus estudios Básicos y Nivel Medio Básico en Villa Macultepec, Centro, Tabasco. Posteriormente realizó sus estudios de Nivel Medio Superior en Villa Ocuilzapotlan, Centro, Tabasco, llevándola a cabo en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario # 54. Su educación superior la realizó en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica en Ciencias Agropecuarias, donde obtuvo el título de Ingeniero en Agroalimentos. Trabajó como docente interino en el COBATAB # 4 del municipio de Macuspana, Tabasco. Trabaja como profesor investigador asignatura "A" en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Extensión Universitaria de los Ríos, en el Municipio de Tenosique, Tabasco México.

**CALIDAD DE LA LECHE EN EXPLOTACIONES DE GANADO BOVINO DE DOBLE
PROPÓSITO EN TABASCO
MILK QUALITY IN DUAL PURPOSE BOVINE PRODUCTION UNITS IN THE STATE
OF TABASCO**

Mateo Ortiz Hernández¹ y José Guadalupe García Muñiz²

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar durante la época de lluvias y seca la cuenta de células somáticas (CCS) y la calidad fisicoquímica (grasa, proteína, lactosa, caseína, proporción de caseína en la proteína, sólidos no grasos (SNG), sólidos totales (ST), densidad, acidez titulable, crioscopia, agua adicionada, pH y urea), de la leche de vacas individuales y leche de mezcla en unidades de producción de ganado bovino de doble propósito en Tabasco, México. La CCS y los parámetros fisicoquímicos de muestras de leche ($n = 2,707$) de vacas individuales ($n = 285$) provenientes de tres ranchos, y muestras de leche de mezcla ($n = 1,156$) provenientes de 195 unidades de producción se analizaron en la época de lluvias en los meses de junio – agosto de 2004, y la época de seca, en los meses de enero – marzo de 2005. En cada época del año, los resultados se compararon con los estándares de calidad de la leche de la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y la NOM-155-SCFI-2003. Para cualquier distribución de frecuencia se consideró un resultado deseable cuando más del 70% de las muestras de leche cumplieron los estándares de calidad respectivos. En la época de lluvias, sólo la densidad y los sólidos totales, en la leche de mezcla, y los SNG, ST, densidad y crioscopia, en la leche de vacas individuales, presentaron distribuciones de frecuencia en las cuales menos del 70% de las muestras de leche cumplieron los estándares de referencia respectivos. En época de seca, sólo la densidad y la crioscopia, en la leche de mezcla, y la lactosa, la densidad, y la crioscopia, en la leche de vacas individuales, presentaron distribuciones de frecuencia en las cuales menos del 70% de las muestras de leche cubrieron los estándares de referencia respectivos. Se concluye que la leche de mezcla y de vacas individuales de Tabasco evaluadas en el presente estudio son de calidad.

Palabras Clave: estándares de calidad de la leche, ganadería de doble propósito, época de lluvia, época de seca.

¹Tesista
²Director

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the somatic cells count (SCC) and the physiochemical parameters (fat, protein, lactose, casein, solids nonfat (SNF), proportion of casein in the protein, solids total (ST), density, titratable acidity, freezing point depression, amount of added water, pH and urea) of milk from individual cows and mixed milk from dual purpose bovine cattle in production units during the dry and rainy seasons in Tabasco, Mexico. The CCS and the physiochemical parameters of milk samples ($n = 2,707$) from individual cows ($n = 285$) were from three farms, and mixed milk samples ($n = 1,156$) from 195 production units were analyzed during the rainy season in the months from June to August, 2004, and during the dry season, in the months from January to March, 2005. During both seasons, the results were compared with the milk quality standards of the NMX-F-700-COFOCALEC-2004 and the NOM-155-SCFI-2003. A result was considered desirable when any frequency distribution of more than 70% of the milk samples fulfilled the respective quality standards. In the rainy season, only the density and total solids in the mixed milk, and the SNF, ST, density and freezing point depression in the milk of individual cows presented frequency distributions in which less than 70% of the milk samples met the respective reference standards. During dry season, only the density and freezing point depression in mixed milk, and the lactose, density, and freezing point depression in the milk of individual cows had a frequency distribution in which less than 70% of the milk samples fulfilled the respective reference standards. The conclusion was that the mixed milk and that from individual cows evaluated in Tabasco in the present study were of quality.

Keywords: milk quality standards, dual purpose cattle, rainy season, dry season.

¹Thesis author
²Thesis director

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I. INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
II.1 Consumo mundial de leche y sus derivados.....	3
II.1.1 Industrias de lácteos en México.....	6
II.1.2 Disponibilidad de leche.....	7
II.1.3 Acopio de leche por la industria.....	8
II.1.4 Empresas y marcas líderes.....	8
II.1.5 Producción de leche en México.....	10
II.1.6 Producción por sistema de producción.....	10
II.1.7 Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en el trópico.....	13
II.1.8 Secreción de la leche.....	13
II.2 Calidad de la leche.....	14
II.3 Componentes fisicoquímicos de la leche.....	17
II.3.1 Agua.....	18
II.3.2 Sólidos totales.....	18
II.3.3 Sólidos no grasos.....	19
II.3.4 Proteína.....	19
II.3.5 Nitrógeno no-proteico.....	21
II.3.6 Grasa.....	23

II.3.7 Lactosa.....	26
II.3.8 Minerales.....	26
II.3.9 Vitaminas.....	27
II.3.10 Enzimas.....	29
II.4 Propiedades fisicoquímicas de la leche cruda asociadas con su calidad.....	29
II.4.1 Densidad.....	29
II.4.2 Crioscopía.....	30
II.4.3 pH.....	30
II.4.4 Acidez titulable.....	31
II.4.5 Acidez al alcohol al 72%.....	31
II.5 Variaciones de la composición de la leche de vaca.....	32
II.5.1 Raza.....	32
II.5.2 Etapa de lactancia.....	32
II.5.3 Cuenta de células somáticas.....	33
II.6 Productos lácteos.....	33
LITERATURA CITADA.....	35
Capítulo III. CALIDAD DE LECHE EN EXPLOTACIONES DE GANADO BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO EN TABASCO EN ÉPO- CA DE LLUVIAS Y SECA.....	41
1 Resumen.....	41

2 Abstract.....	43
3 Introducción.....	44
4 Materiales y métodos.....	46
4.1 Localización y estrategia de muestreo.....	46
4.2 Materiales y equipo de laboratorio.....	49
4.3 Estándares de referencias de calidad de la leche.....	50
4.4 Análisis estadísticos.....	51
5 Resultados y discusión.....	54
5.1 Resultados de la primera fase.....	54
5.2 Variables de calidad de la leche.....	55
5.2.1 Grasa.....	55
5.2.2 Proteína.....	56
5.2.3 Sólidos no grasos.....	57
5.2.4 Sólidos totales.....	57
5.2.5 Acidez titulable.....	58
5.2.6 Densidad.....	59
5.2.7 Crioscopía.....	60
5.2.8 Agua adicionada.....	60
5.2.9 pH.....	61
5.2.10 Cuenta de células somáticas.....	62
5.2.11 Acidez al alcohol al 72%.....	63

5.3 Estimación del potencial productivo.....	65
5.3.1 Efecto del doble ordeño en producción de leche.....	65
5.3.2 Potencial de producción de leche estimado para APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.....	66
5.4 Factores que afectan la calidad de la leche de mezcla.....	68
5.4.1 Efectos sobre la grasa.....	68
5.4.2 Efectos sobre la proteína y los sólidos no grasos.....	70
5.4.3 Efectos sobre los sólidos totales.....	71
5.4.4 Efectos sobre la acidez titulable.....	73
5.4.5 Efectos sobre la densidad.....	74
5.4.6 Efectos sobre la crioscopia y la concentración de agua adicionada.....	74
5.4.7 Efectos sobre el pH de la leche.....	75
5.4.8 Efectos sobre la cuenta de células somáticas.....	76
5.5 Resultados de la segunda fase.....	79
5.6 Variables de calidad de la leche.....	80
5.6.1 Grasa.....	80
5.6.2 Proteína.....	80
5.6.3 Lactosa.....	81
5.6.4 Caseína.....	82
5.6.5 Proporción de caseína en la proteína.....	83

5.6.6 Sólidos no grasos.....	83
5.6.7 Sólidos totales.....	84
5.6.8 Densidad.....	85
5.6.9 Crioscopía.....	85
5.6.10 Cuenta de células somáticas.....	86
5.6.11 Urea en leche.....	87
5.7 Factores que afectan la calidad de la leche de vacas individuales.....	89
5.7.1 Efectos sobre los contenidos de grasa, proteína y lactosa de vacas individuales.....	89
5.7.2 Efectos sobre el contenido de caseína y la proporción de caseína en la proteína.....	90
5.7.3 Efectos sobre los contenidos de sólidos no grasos y sólidos totales.....	91
5.7.4 Efectos sobre la cuenta de células somáticas.....	92
6 Conclusiones.....	94
7 Bibliografía.....	95

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Producción de leche en algunos países del mundo.....	5
2. Consumo de leche fluida en algunos países del mundo.....	5
3. Empresas y marcas líderes en el mercado nacional.....	9
4. Producción Nacional de leche para el periodo 1990-2004.....	10
5. Composición media aproximada de leche cruda de algunas razas bovinas (% p/p).....	18
6. Productos de proteínas lácteas.....	21
7. Composición y contenido medio de la fracción del NNP por litro de leche.....	23
8. Composición de los lípidos totales de la leche (% p/p).....	24
9. Concentración media de las vitaminas en la leche y porcentaje (p/p) de las necesidades diarias de un adulto aportadas por la ingestión de 500mL de leche entera.....	28
Capítulo III. CALIDAD DE LECHE EN EXPLOTACIONES DE GANADO BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO EN TABASCO EN ÉPOCA DE LLUVIAS Y SECA.....	41
1. Relación de zonas y sitios de producción donde se colectaron las muestras de leche de mezcla o de vacas individuales para el	

Cuadro	Página
análisis de calidad.....	48
2. Relación de atributos de calidad de la leche que se determinaron en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales en las dos fases del estudio.....	50
3. Especificaciones de la NOM-155-SCFI-2003 para leche pasteurizada.....	51
4. Especificaciones de la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 para leche cruda.....	51
5. Resultados de las muestras de leche de mezcla y de vacas individuales en la primera fase del estudio.....	54
6. Estadísticos descriptivos para variables de calidad de la leche de mezclas y de vacas individuales en explotaciones de ganado bovino de doble propósito en el estado de Tabasco durante la primera fase (época de lluvias).....	65
7. Resultados de las muestras de leche de mezcla y de vacas Individuales.....	79
8. Estadísticos descriptivos para variables de calidad de la leche de mezclas y de vacas individuales en explotaciones de ganado bovino de doble propósito en el estado de Tabasco durante la segunda fase (época de seca).....	88

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Consumo mundial de leche y sus derivados (equivalentes leche)..	4
2. Exportaciones Mundiales de leche.....	6
3. Evolución del PIB (industria de los alimentos).....	7
4. Disponibilidad de leche en México para el periodo 1995-2004.....	8
5. Empresas líderes en el mercado mexicano de la leche.....	9
6. Participación en la producción de leche por sistema de producción en México.....	11
7. Estacionalidad de la producción de leche en México.....	11
8. Regiones de lechería tropical.....	12
9. Fraccionamiento de las proteínas de la leche, (los números entre paréntesis representan el porcentaje total de proteínas).....	20
10. Productos derivados de la leche.....	34
 Capítulo III. CALIDAD DE LECHE EN EXPLOTACIONES DE GANADO BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO EN TABASCO EN ÉPO- CA DE LLUVIAS Y SECA.....	
1. Distribuciones de frecuencia para el contenido de grasa en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	55
2. Distribuciones de frecuencia para el contenido de proteína en	

Figura	Página
muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	56
3. Distribuciones de frecuencia para el contenido de sólidos no grasos en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales...	57
4. Distribuciones de frecuencia para el contenido de sólidos totales en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	58
5. Distribuciones de frecuencia para la acidez titulable (°D) en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	59
6. Distribuciones de frecuencia para la densidad (g/mL) de la leche en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	59
7. Distribuciones de frecuencia para la crioscopía (°H) de la leche en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	60
8. Distribuciones de frecuencia para la cantidad de agua adicionada (%) en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	61
9. Distribuciones de frecuencia para pH en muestras de leche de mezcla.....	62
10. Distribuciones de frecuencia para el recuento de células somáticas (células/mL) en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	63
11. Distribuciones de frecuencia para alcohol al 72% en muestras de leche de mezcla.....	63
12. Distribuciones de frecuencia para la producción de leche por	

vaca por día de ordeño (un ordeño al día) en las unidades de producción de los proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. (a) y para las vacas del Rancho la Carolina (b) ordeñadas dos veces al día.....	66
13. Estimación del potencial conjunto de producción de leche de las unidades de producción de los proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.....	68
14. Efecto del tipo de ordeño (a), forma de ordeño (b) y comunidad donde se ubica la unidad de producción (c) sobre el contenido de grasa en muestras de leche de mezcla de la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.....	69
15. Efecto de la comunidad donde se ubica la unidad de producción sobre el contenido de proteína (a) y de sólidos no grasos (b) en muestras de leche de mezcla de la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.....	71
16. Efecto del tipo de ordeño (a), forma de ordeño (b) y comunidad donde se ubica la unidad de producción (c) sobre el contenido de sólidos totales en muestras de leche de mezcla de la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.....	72
17. Efecto de la zona de producción (a), suplementación (b) y comunidad (c) sobre la acidez titulable de muestras de leche de	

Figura	Página
mezcla de las unidades de producción de los proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.....	73
18. Efecto de la forma de ordeñar (a) y la comunidad (b) donde se ubica la unidad de producción sobre la densidad de muestras de leche de mezcla de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.....	74
19. Efecto de la comunidad donde se ubica la unidad de producción sobre la crioscopia (°H) el contenido de agua adicionada en muestras de leche de mezcla de la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.....	75
20. Efecto de la zona de producción (a), el genotipo predominante (b) y la comunidad donde se ubica la unidad de producción (c) sobre el pH de la leche en muestras de leche de mezcla de la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.....	76
21. Efecto de la forma de ordeñar (a) y la comunidad (b) donde se ubica la unidad de producción sobre la cuenta de células somáticas de muestras de leche de mezcla de la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.....	77
22. Distribuciones de frecuencia para el contenido de grasa en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	80
23. Distribuciones de frecuencia para el contenido de proteína en	

Figura	Página
muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	81
24. Distribuciones de frecuencia para el contenido de lactosa en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	82
25. Distribuciones de frecuencia para el contenido de caseína en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	82
26. Distribuciones de frecuencia para la proporción de caseína en la proteína en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales..	83
27. Distribuciones de frecuencia para la concentración de sólidos no grasos en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales..	84
28. Distribuciones de frecuencia para la concentración de sólidos totales en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales..	85
29. Distribuciones de frecuencia para la densidad de la leche en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	85
30. Distribuciones de frecuencia para la crioscopía de la leche en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	86
31. Distribuciones de frecuencia para la cuenta de células somáticas en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales.....	86
32. Distribuciones de frecuencia para la concentración de urea en leche en muestras tras de leche de vacas individuales.....	87
33. Medias de cuadrados mínimos por rancho (a) y por ordeño (b) para los contenidos de grasa, proteína, y lactosa en muestras de	

Figura	Página
leche de vacas individuales.....	90
34. Medias de cuadrados mínimos por rancho (panel superior) y por ordeño (panel inferior) para el contenido de caseína y la relación caseína/proteína en muestras de leche de vacas individuales.....	91
35. Medias de cuadrados mínimos por rancho y por ordeño para los contenidos de sólidos no grasos y sólidos totales en muestras de leche de vacas individuales.....	92
36. Medias de cuadrados mínimos por rancho y por ordeño para la cuenta de células somáticas en muestras de leche de vacas individuales.....	93

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

La leche bovina es un producto alimenticio altamente digerible que resulta de la secreción de las glándulas mamarias de los mamíferos, es de color blanquecino y opaco, con un pH cercano al neutro y de sabor dulce. Está compuesta por 87 a 90% de agua, y 10 a 13% de sólidos totales, los cuales se componen de 3.0 a 3.5% de grasa, 3.0 a 3.5% de proteína 4.0 a 5.0% de lactosa y 0.8 % minerales. Estos componentes, conjuntamente con indicadores microbiológicos e higiénicos, actualmente se emplean para establecer los sistemas de pago de la leche por la mayoría de las empresas que conforman la industria lechera en nuestro país. El extraordinario avance en el desarrollo de nuevos métodos instrumentales para el análisis de los principales componentes de la leche, más rápidos y automatizados, han reemplazado a los métodos químicos clásicos. Esto ha permitido evaluar una mayor cantidad de componentes en una misma muestra de leche y con eficiencia, considerando el número de análisis por hora, muy lejos de la alternativa de los métodos tradicionales. Para la mayoría de los sistemas de control de producción y calidad de la leche en el mundo, la determinación de la materia grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, sólidos no grasos y caseína, son en la actualidad métodos de rutina. Cada planta lechera pondera estos componentes según sus mecanismo específicos de producción, para establecer su sistema de pago de la leche.

En el Estado de Tabasco, se cuenta con una empresa de reciente creación denominada APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V., que posee una planta pasteurizadora para procesar 30,000 litros de leche por día, y tiene como objetivo producir leche pasteurizada para venderse en el mercado local de Macuspana. En el área de captación de la empresa existe un padrón de alrededor de mil productores, quienes en conjunto poseen un inventario estimado de 25 mil vientres, con una producción estimada de 40 mil litros de leche por día. Actualmente, la empresa la constituyen 270 productores de ganado de doble propósito, quienes se encuentran organizados en 25 centros de acopio, los cuales en conjunto poseen 30 tanques enfriadores, con capacidad para captar 30 mil litros de leche diariamente. El inventario estimado en propiedad de los 270 socios es de alrededor de siete mil vientres, mismo que durante el mes de mayo del 2004 tuvo una producción total estimada de 11 mil litros de leche por día.

La planta pasteurizadora constituye la pieza clave de la propuesta de valor del proyecto de esta empresa. La integración de los productores en torno a ella pretende agregarle valor a la materia prima a través de su procesamiento y venta como leche pasteurizada en el mercado regional. Para fin de competir en el segmento del mercado de la leche pasteurizada, la empresa requiere diseñar una estrategia de proveeduría de leche de calidad, desde la unidad de producción hasta la mesa del consumidor.

Con base en lo anterior, el objetivo del estudio es evaluar la calidad de la leche de mezcla y de vacas individuales en explotaciones de ganado bovino de doble propósito del Estado de Tabasco, que suministran leche a la empresa APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.

CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

II.1 Consumo mundial de leche y sus derivados

El consumo de leche y sus derivados se está incrementando principalmente en los países en desarrollo. Se estima que la población mundial consumió en 2001 poco más de 464 millones de toneladas en equivalente leche en diversas presentaciones como alimento humano. El 85% correspondió a leche de vaca y el resto a otras especies (búfala 11%, cabra 2%, y otras 2%). La leche de búfala sólo tiene importancia en el comercio local de países del sur de Asia (India y Paquistán, principalmente) (FAO, 2001).

De 1992 a 2001 el consumo total de leche creció a una tasa media anual del 1.6%. Sin embargo, dentro de esta tendencia general se observan dos comportamientos diferentes para los países desarrollados y para los países en desarrollo (Figura 1). Los países desarrollados muestran una ligera disminución de sus consumos per cápitas ya que son de los más altos del mundo (Ejemplo: Holanda, 329 kg; EUA, 254 kg; Nueva Zelanda, 210 kg). Actualmente consumen, en promedio, el equivalente de 200 kg de leche por habitante al año.

En contraste, en los países en desarrollo su consumo ha tendido a

incrementarse por arriba del crecimiento demográfico. Aun con esta tendencia ascendente, el consumo per cápita promedio de estos países está muy por debajo de los 188 kg que recomienda la FAO (Ejemplos: China, 8 kg; Indonesia, 5 kg; Perú, 55 kg; México, 97 kg; Brasil, 128 kg). En estos países, en el 2001 cada habitante consumió en promedio 44 kg en equivalente leche, lo que significó menos de la cuarta parte de la cantidad recomendada.

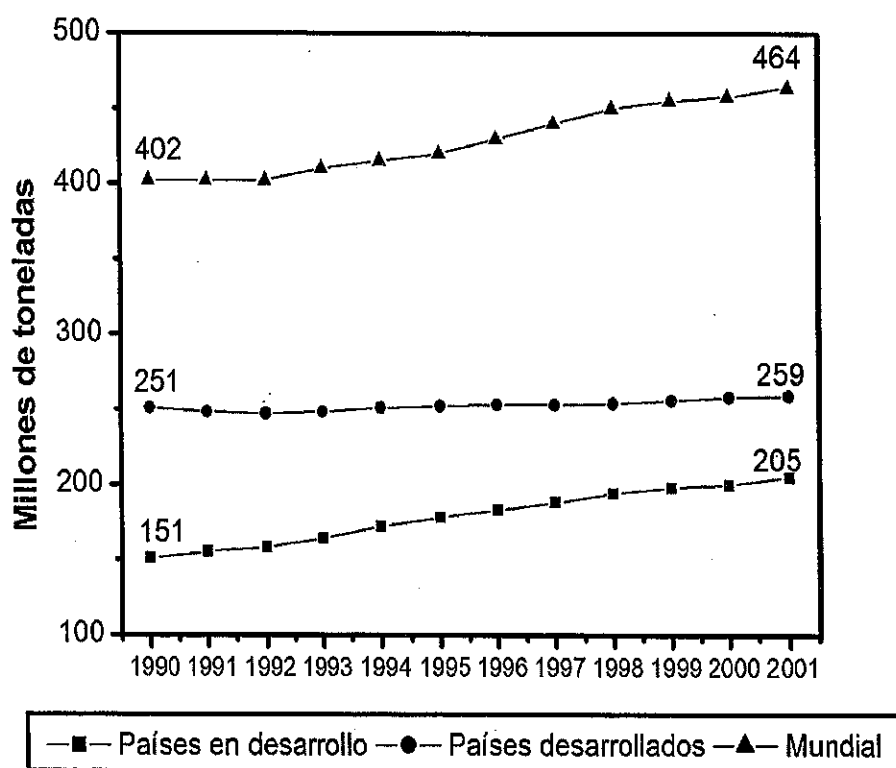


Figura 1. Consumo mundial de leche y sus derivados (Equivalentes leche), (Fuente: Elaboración propia con datos de FAO, 2000; SIAP, 2001).

En el Cuadro 1 se presenta la producción de leche desde 1998 al 2004, en países como Argentina, Australia, Canadá, Estados Unidos, México, Nueva Zelanda, Unión Europea, entre otros. Con un incremento en general para todos los países en los años citados. En el Cuadro 2 se muestra el consumo de leche

en algunos países seleccionados; entre ellos México, con un consumo en leche que creció a una tasa media anual de 5.0% en los últimos siete años. Cabe mencionar que en un año (2003) se dio un crecimiento de 7.2%, pero no se observó incremento en el periodo 2001-2002.

Cuadro 1. Producción de leche en algunos países y de la Unión Europea
(Toneladas métricas)

PAÍS	1998	1999	2000	2001	2002	2003 p/	2004 e/
CANADA	8,200	8,164	8,161	8,106	7,964	7,880	7,770
MÉXICO	8,366	8,877	9,305	9,501	9,560	9,870	10,140
ARGENTINA	9,450	10,300	9,800	9,500	8,500	7,900	8,100
AUSTRALIA	9,722	10,483	11,172	10,864	11,608	10,636	10,753
NUEVA ZELANDA	11,640	11,070	12,235	13,162	13,925	14,346	14,705
POLONIA	12,500	12,068	11,800	11,894	11,850	11,966	12,170
RUSIA	33,000	32,000	31,900	33,000	33,500	32,500	32,700
INDIA	35,500	36,000	32,250	36,400	36,200	36,500	37,500
ESTADOS UNIDOS	71,373	73,807	76,004	75,069	77,002	77,075	77,760
UNIÓN EUROPEA	113,753	115,218	114,900	114,856	115,600	115,450	115,500

p/ Preliminar.

e/ Pronóstico.

Fuente: FIRA, 2004.

Cuadro 2. Consumo de leche fluida en algunos países y de la Unión Europea
(Toneladas métricas)

PAÍS	1998	1999	2000	2001	2002	2003 p/	2004 e/
NUEVA ZELANDA	400	400	346	355	355	360	360
AUSTRALIA	1,913	1,989	1,992	1,920	1,996	1,982	1,981
ARGENTINA	2,200	2,300	2,300	2,350	1,990	2,000	2,100
CANADA	2,820	2,837	2,913	2,909	2,885	2,850	2,800
MÉXICO	3,525	3,672	3,915	4,075	4,080	4,380	4,550
POLONIA	5,300	5,400	5,050	5,000	4,912	4,950	4,750
RUSIA	14,765	14,500	14,156	14,140	14,350	13,300	13,500
ESTADOS UNIDOS	26,700	26,978	26,890	26,850	27,003	26,950	26,950
UNIÓN EUROPEA	32,137	32,209	32,324	32,237	30,432	30,450	30,500
INDIA	32,500	33,000	33,000	33,300	33,500	34,000	34,500

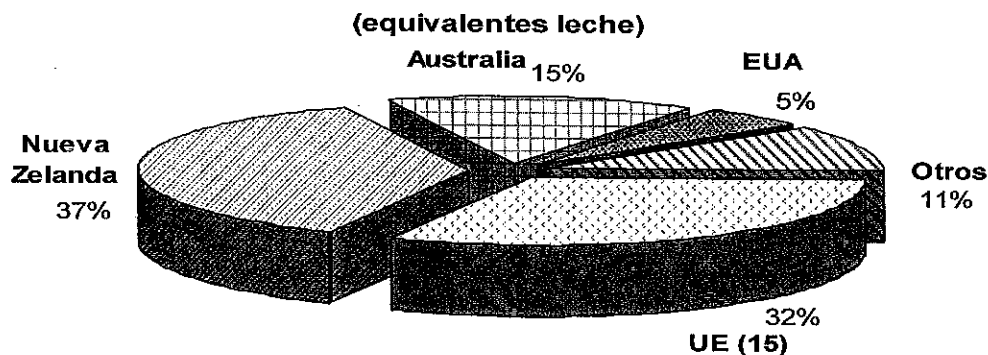
p/ Preliminar.

e/ Pronóstico.

Fuente: FIRA, 2004.

La oferta mundial de leche y sus derivados está muy concentrada y proviene principalmente de países desarrollados ubicados en Europa y Oceanía. El promedio anual de las exportaciones durante los últimos años ha sido de casi

40 millones de toneladas en equivalentes leche (sin considerar 30 millones de toneladas que se comercian entre países que constituyen la Unión Europea). En el 2004, las exportaciones alcanzaron 45 millones de toneladas. Nueva Zelanda participó con el 37% del volumen total, le siguieron los 15 países que constituían la Unión Europea (UE), los cuales participaron con el 32%, Australia con el 15% y los Estados Unidos de América (EUA) con el 5%. Entre estos países conjuntaron más del 80% de la oferta mundial de leche (Figura 2).



Exportación mundial: 45 millones de toneladas métricas

Figura 2. Exportaciones Mundiales de leche (Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, 2004).

II.1.1 Industrias de lácteos en México

En México, la industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos, sólo debajo de las industrias del maíz y de la carne; sin embargo, su ritmo de crecimiento observado de 1992-1999 (27%) ha sido mayor que el de estas industrias (Figura 3). Debido a este crecimiento, su participación en el PIB va en aumento (INEGI, 1999).

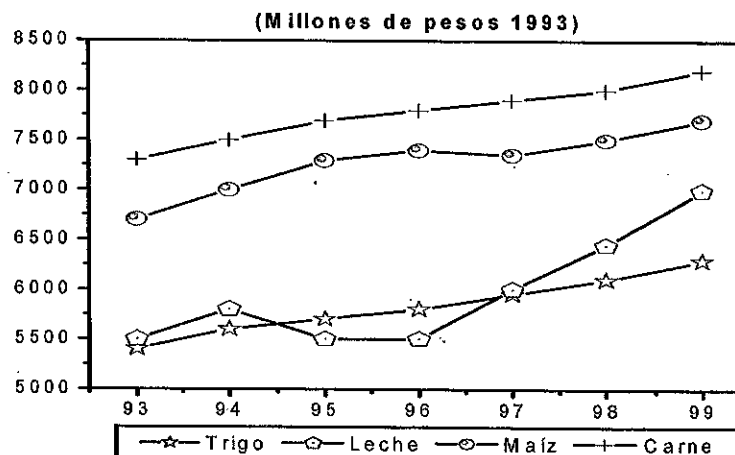


Figura 3. Evolución del PIB (Industria de Alimentos), (Fuente: INEGI. El sector alimentario en México, edición 1999).

II.1.2 Disponibilidad de leche

Gran parte de la disponibilidad de leche en el país proviene de la producción nacional. Sin embargo, las variaciones en el volumen total han dependido de las importaciones de leche en polvo. Por ejemplo, en 1996 a pesar del incremento en la producción nacional la disponibilidad de leche cayó de 9,489 millones de litros a 3.40% menos, debido precisamente a la disminución de las importaciones.

En 1997 aumentaron las importaciones y aumentó el volumen total de leche ofertado en el país. Sólo en 1999 el incremento en la producción nacional de leche fue de 1,850 millones de litros, muy similar al incremento del año 2001; también fue mayor la importación ese año, manteniéndose constante en los siguientes años, hasta el 2004, debido al aumento ascendente en la producción nacional (Figura 4) (SIAP, 2004).

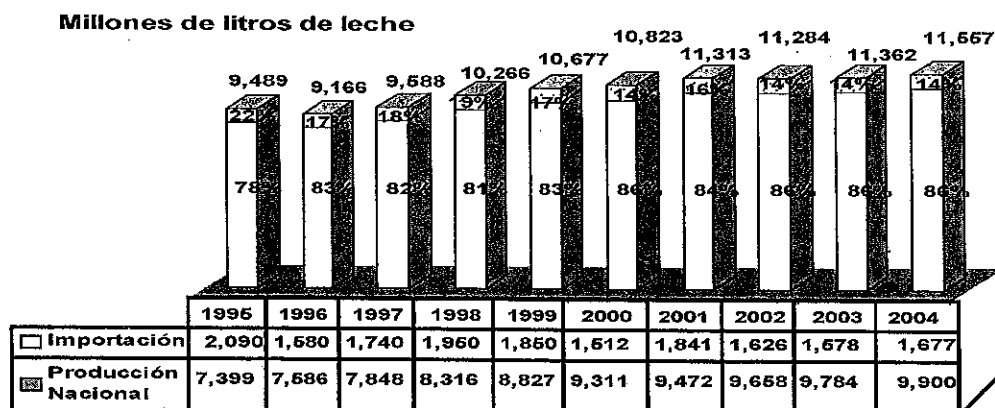


Figura 4. Disponibilidad de leche en México para el periodo 1995-2004 (Fuente: Elaboración propia con datos de SAGAR 2004 y USDA, 2000).

II.1.3 Acopio de leche por la industria

En 1999, el 68% de la producción nacional de leche fue captado por la industria de productos lácteos y el resto, casi la tercera parte, se destinó al consumo de leche bronca y a la elaboración de derivados artesanales.

Del equivalente como leche fluida de las importaciones de leche en polvo, el 61% la utilizó Liconsa para sus programas de abasto social a precios subsidiados. El 39% restante la absorbió la industria comercial.

II.1.4 Empresas y marcas líderes

Las empresas y marcas líderes que operan en México se presentan en el Cuadro 3. Sólo el grupo Lala participa con el 32% del volumen total del mercado (tiene el liderazgo en leche pasteurizada). Le sigue el grupo Alpura con el 15% de participación, aunque maneja una mayor proporción de leche ultrapasteurizada (UHT) (Alpura es líder nacional en la producción y venta de leche ultrapasteurizada, UHT).

Cuadro 3. Empresas y marcas líderes en el mercado nacional

Empresas	Marcas
Grupo Lala	Lala
Grupo Alpura	Alpura 2000, LacDel, Yofrut
Nestlé	Nido, Chambourcy, Carnation, La Lechera, Svelty
Grupo Zaragoza	Lucerna, Optima, Yaqui, Gota Blanca, La Pureza
Lechera Guadalajara	Sello Rojo, Al Día
Grupo Chilchota	Chilchota, Queen
Danone	Danone, DanFrut, Danonino, Dany
Sigma Alimentos Lácteos	Yoplait, Chalet, La Villita
Grupo San Marcos	San Marcos, Dulac
Grupo Prolesa	Chipilo, Bonafina, Darel, El Sauz, Holstein, Iberia
New Zealand Milk	Nochebuena
Axa Alimentos	Caperucita, Creso
Industria Cor	Lyncott
Grupo Chen	Chen, Camelia, Norteño, Nor-Mex, Colonos
Kraft Foods	Philadelphia, Cheez Whiz
Liconsa	Liconsa, Programa de abasto social

Fuente: FIRA, 2004.

En el tratamiento y envasado de leche destacan grandes empresas mexicanas tipo cooperativa, propiedad de ganaderos, como el grupo Lala, grupo Alpura (Alpura 2000, Lac Del) y grupo San Marcos; empresas tipo familiar como lechera Guadalajara (Sello Rojo, Al Día) y grupo Zaragoza (Lucerna, Gota Blanca, La Pureza, Yaqui). En conjunto estas empresas operan alrededor de 25 plantas pasteurizadoras y representan poco más del 70% de la leche envasada que se vende en nuestro país (Figura 5).

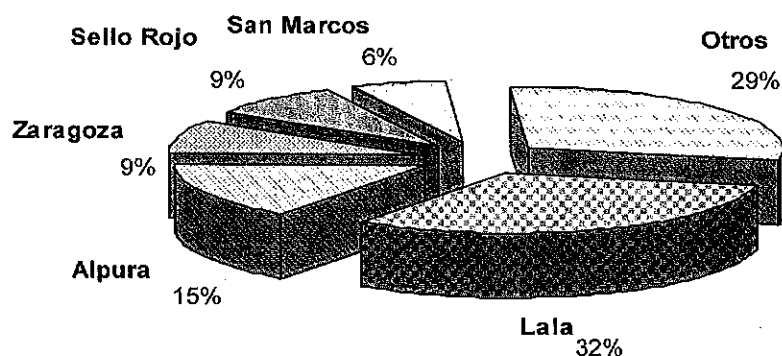


Figura 5. Empresas líderes en el mercado mexicano de la leche pasteurizada y UHT
(Fuente: INEGI, 1999).

II.1.5 Producción de leche en México

Durante 15 años, en el periodo 1975-1990, la producción nacional de leche mostró una dinámica errática, con lapsos de crecimiento, estabilidad y caída, quedando en 1990 con una producción de 6'141,545,000 de litros. Sin embargo, en el lapso de 1990 y 2003, mostró un crecimiento de casi 50% (Cuadro 4).

Cuadro 4. Producción Nacional de Leche para el periodo 1990-2004
(Litros)

Año	Producción	Crecimiento anual (%)
1990	6,141,545,000	-
1991	6,717,115,000	9.4
1992	6,966,210,000	3.7
1993	7,404,078,000	6.3
1994	7,320,213,000	-1.1
1995	7,398,598,000	1.1
1996	7,586,422,000	2.5
1997	7,848,105,000	3.4
1998	8,315,711,000	6.0
1999	8,877,314,000	6.8
2000	9,311,444,000	4.9
2001	9,472,293,000	1.7
2002	9,658,282,000	2.0
2003	9,784,355,000	1.3
2004 ^{1/}	9,900,177,000	1.2

^{1/} Pronostico.

Fuente: Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), SAGAR.

II.1.6 Producción por sistema de producción

En 1991, el 31% de la producción de leche en México provino de explotaciones lecheras intensivas, pero en el 2000 ésta alcanzó el 54% (Figura 6). En relación con los otros sistemas de producción, podemos decir que el sistema familiar conserva una participación relativamente estable, pero en el sistema de doble propósito se observa una marcada disminución en la participación (SAGAR, 2000).

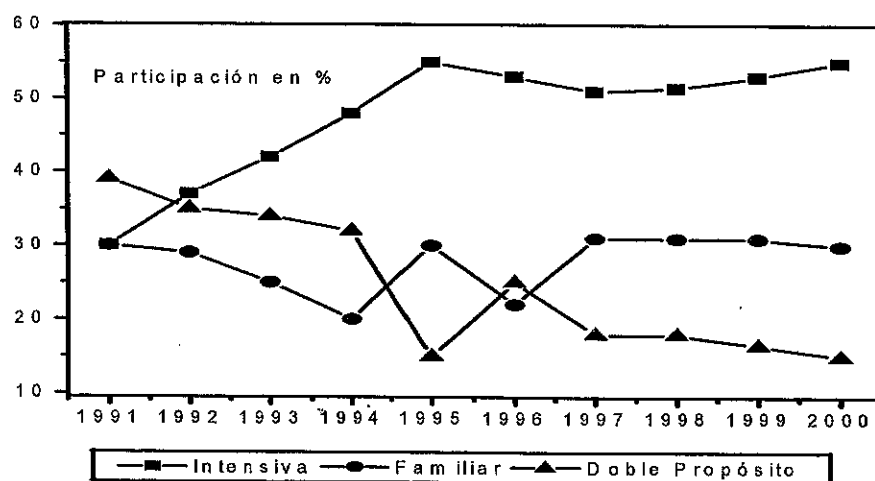


Figura 6. Participación en la producción de leche por sistema de producción en México (Fuente: Centro de Estadística Agropecuario; SAGAR, 2000).

Uno de los problemas que presenta la producción de leche en México es su marcada estacionalidad, debido principalmente a factores climáticos (Figura 7).

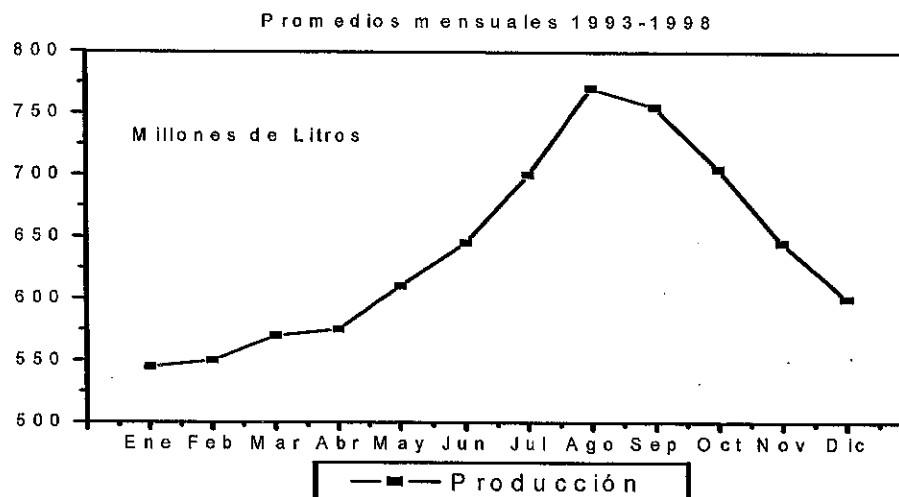


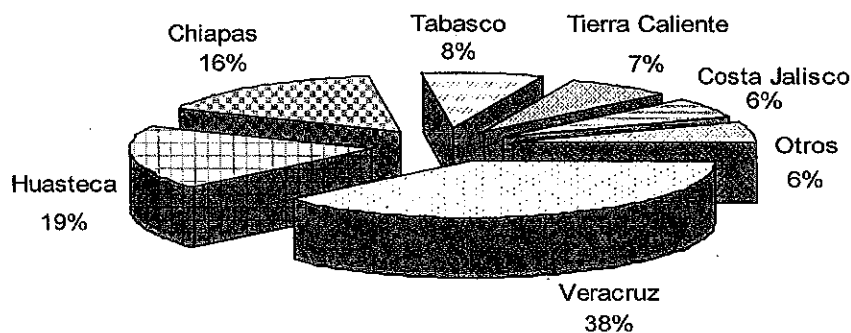
Figura 7. Estacionalidad de la producción de leche en México (Fuente: Centro de Estadística Agropecuaria; SAGAR, 2000).

La variabilidad en el año es más marcada en el ganado que se ordeña en los trópicos (doble propósito), ya que su alimentación se basa principalmente en el pastoreo en praderas que dependen de la disponibilidad de agua de lluvias para

su crecimiento. Por lo que la precipitación pluvial, su distribución y la temperatura ambiental son factores determinantes en la nutrición del ganado y, por tanto, en la producción de leche. Sin embargo, este problema de estacionalidad se presenta también en los otros sistemas de producción, siendo más acentuado en la lechería familiar que en la lechería intensiva.

La superficie tropical de México es cercana a los 50 millones de hectáreas, que representa la cuarta parte del territorio. De esa región, el 37% se dedica a la ganadería, destacando los sistemas que emplean bovinos (INIFAP, 1999) y originan el 16% de la producción nacional de leche (SAGAR, 2000).

En cuanto a las regiones y volumen de producción, la lechería de doble propósito en México en 1998 se encontraba concentrada en más de 80% en cuatro regiones: Veracruz, 38%; Huasteca potosina, 19%; Chiapas, 16% y Tabasco, 8% (SAGAR, 2000). En la Figura 8 se muestra esquemáticamente la distribución de la participación de las regiones en el sistema de doble propósito, así como el lugar que ocupa el Estado de Tabasco a nivel Nacional en producción de leche.



Tabasco 20º Lugar a Nivel Nacional en producción de leche

Figura 8. Regiones de Lechería Tropical (Fuente: SAGAR, 2000 y SIAP, 2004).

II.1.7 Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en el trópico

El sistema de producción de bovinos de doble propósito es el más importante en el trópico de México. Actualmente, cerca del 64% de los productores de ganado bovino manejan sus animales con este sistema. Sin embargo, obtienen baja productividad, tanto por unidad de superficie de tierra empleada como por animal. La eficiencia reproductiva de las vacas se caracteriza por largos intervalos entre partos, en promedio de 447 días. Este intervalo puede ser mayor a 490 días en vacas de doble propósito con amamantamiento tradicional, en el cual el becerro permanece con su madre por 5-8 horas después del ordeño (Escobar *et al.*, 1984; Pérez *et al.*, 2001).

II.1.8 Secreción de la leche

La leche se forma en las células del epitelio que recubre los alveolos de la glándula mamaria, que los contiene en gran número. En la vaca existen, en realidad, cuatro glándulas independientes habitualmente llamadas "cuartos" (anterior derecho, anterior izquierdo, posterior derecho y posterior izquierdo), que no tienen en común más que la envoltura cutánea. La glándula mamaria se encuentra suspendida de la región pubiana del abdomen mediante ligamentos carentes de elasticidad. Los alveolos se reúnen en racimos formando los lóbulos; estos se comunican por un conducto colector ramificado, con la cisterna situada en la base de la glándula mamaria. Esta cisterna se conecta al

seno del pezón por un repliegue de la mucosa. El pezón se abre al exterior mediante un delgado canal único, ocluido por un pequeño esfínter liso. El conjunto forma un reservorio de importante capacidad, estimado en unos 8 litros para la totalidad de los cuatro cuartos de una vaca lechera de tipo medio. Esta afluencia de las secreciones en un colector único no es general; en otras especies de mamíferos no rumiantes, como la mujer, los tubos colectores desembocan separadamente al exterior por múltiples orificios situados en el pezón.

La glándula mamaria se encuentra fuertemente irrigada por dos extensas redes capilares, alimentadas por las arterias púbricas externas. El volumen de sangre que pasa por las ubres es grande, del orden de unos 400 litros de plasma sanguíneo por cada litro de leche (Alais, 2001).

II.2 Calidad de la leche

La calidad de la leche es uno de los pilares fundamentales de toda industria lechera desarrollada. La producción de leche de calidad requiere de ganado sano y bien alimentado, que produzca leche con una composición óptima y capacidad de conservación adecuada para su transporte y procesamiento por la industria. La producción de leche de alta calidad produce beneficios para el productor, la industria lechera y el consumidor. El productor podrá recibir mayores ingresos económicos al evitar pérdidas por rechazos y la oportunidad de obtener premios por calidad. La industria obtiene mayor valor de utilización

de la leche y mejor calidad de los productos terminados. Finalmente, el consumidor recibirá un producto de alto valor nutricional y sin riesgo para su salud (Haroldo, 2000).

El establecimiento de un sistema de pago de la leche por calidad debe tener como objetivos asegurar a los productores un pago justo por la leche que suministran a la industria, y producir, mediante el pago diferenciado por calidad, el estímulo económico necesario para lograr un mejoramiento efectivo de la composición del producto y de sus condiciones higiénicas. Desde la óptica de una coordinación industrial, la calidad de un producto depende de la materia prima y de la tecnología utilizada en el proceso de fabricación. Partiendo del requerimiento general de disponer de una leche apta para todo tipo de fabricación, existen requerimientos específicos de calidad de la leche para cada producto que optimizan el proceso. Por ejemplo, la concentración proteica y la lipólisis tienen diferente incidencia según se destine la leche a la fabricación de quesos o de mantequilla. De la misma manera, la contaminación con bacterias (ejemplo, *Clostridios gasógenos*) butíricas, parámetro perjudicial en la fabricación de quesos de pasta dura, pero prácticamente no tiene incidencia sobre otros productos (Taverna, 2000).

La demanda de la industria por el almacenamiento y refrigeración de la leche, antes y después de la pasteurización, ha dado lugar a las nuevas preocupaciones de la calidad para los productos lácteos procesados. La baja calidad en leche cruda y procesada es generalmente una consecuencia del

crecimiento y las actividades metabólicas de las bacterias psicrótrofas, que se reproducen a temperaturas de refrigeración. Aunque la mayoría de las bacterias psicrótrofas son destruidas por la pasteurización, algunas tienen el potencial de producir enzimas proteolíticas y lipolíticas que pueden sobrevivir el proceso de la pasteurización y soportar el proceso de ultrapasteurización (UHT), en ocasiones. Estas enzimas pueden degradar la proteína y grasa en los productos procesados y de esta manera pueden, reducir la vida de anaquel del producto incluso en ausencia de bacterias viables. Algunos otros grupos de bacterias termodúricas sobreviven las temperaturas de pasteurización y se reproducen en los productos procesados, reduciendo la calidad del producto. Así pues, a medida que el sector lechero se mueve hacia la producción creciente de productos con vida de anaquel más amplia, la calidad bacteriana de la leche cruda es cada vez más importante para la calidad del producto final (Boor *et al.*, 1998).

Para obtener leche de buena calidad en relación a la cuenta de células somáticas, se debe controlar la incidencia de mastitis en el hato. La mastitis es el principal problema de salud en los sistemas de producción de leche en confinamiento total (Barkema *et al.*, 1999), en pastoreo intensivo rotacional (Goldberg *et al.*, 1992), así como en aquéllos que utilizan el pastoreo rotacional tipo orgánico (Weller y Cooper, 1996). Los factores de riesgo que influyen en la incidencia de mastitis clínica se pueden categorizar en tres grupos principales: 1) resistencia de la vaca a la infección intramamaria, 2) exposición de la

glándula mamaria a los patógenos, y 3) cura de la infección intramamaria o inflamación (Barkema *et al.*, 1999).

Las prácticas de manejo e indicadores de riesgo asociados con la resistencia a la infección intramamaria son la nutrición (Barnouin *et al.*, 1995), el nivel de producción de leche (Barkema *et al.*, 1999), la debilidad del esfínter del pezón (Vaarst y Enevoldsen, 1997), la raza de la vaca (Barkema *et al.*, 1999) y la desinfección postordeño de los pezones (Goldberg *et al.*, 1992). Varios estudios han señalado como factores de exposición a patógenos causantes de mastitis al tipo de alojamiento (Lehenbauer *et al.*, 2000), a las condiciones higiénicas de los cubículos de descanso y a los procedimientos en la ordeña (Vaarst y Enevoldsen, 1997).

II.3 Componentes fisicoquímicos de la leche

La leche es una secreción blanca con un pH entre 6.5 y 6.7, que se puede describir como un sistema polidisperso (Schlimme y Buchheim, 2002; Walstra y Jennes, 1987; Patiño, 2003). En este sistema, como leche recién ordeñada la grasa se encuentra emulsionada en forma de gotitas rodeadas por una membrana (alrededor de $5-10 \times 10^9$ gotitas/mL de leche, con un diámetro de entre 0.1 y 10 μm). Las proteínas se encuentran dispersas en la leche, formando un coloide en forma de micelas (alrededor de 10^{14} micelas/mL de leche) con diámetro entre 0.02 y 0.6 μm , o bien en forma de proteínas disueltas en la disolución acuosa homogénea del resto de componentes de la leche. La

lactosa es el carbohidrato principal de la leche y se encuentra disuelto (Schlimme y Buchheim, 2002). En el Cuadro 5, se muestra la composición media aproximada de la leche de algunas razas bovinas.

Cuadro 5. Composición media aproximada de leche cruda de algunas razas bovinas (% p/p)

Componentes	Holstein alemana	Jersey	Pardo Suizo	Cebú
Agua	87.0	85.4	87.1	86.55
Grasa	4.2	5.3	3.9	4.93
Proteína	3.4	3.9	3.5	3.18
Lactosa	4.7	4.7	4.6	4.59
Cenizas	0.75	0.75	0.75	0.75

Fuente: Schlimme y Buchheim, 2002; Patiño, 2003.

II.3.1 Agua

La leche contiene aproximadamente 86-90% de agua, y el 10-14% restante son sólidos disueltos. El agua se encuentra en la leche en dos estados: a) como agua libre, donde la mayor parte la constituye el disolvente de la lactosa y las sales y b) como agua ligada, que se encuentra enérgicamente retenida por las sustancias insolubles (Shearer, 1986; Alais, 2001; Ávila, 2003). La cantidad de agua en la leche es regulada por la lactosa, que se sintetiza en las células epiteliales de la glándula mamaria. La leche está formada de aproximadamente 87.5% de agua y 12.5 de sólidos, o materia seca total.

II.3.2 Sólidos totales

Se componen por las fracciones de grasa, proteína, lactosa y minerales; por lo tanto, el valor nutricional y económico de la leche se asocia con la concentración de sólidos y ésta es un indicador de la riqueza de los componentes nutricionales necesarios para la comercialización de la leche

cruda, destinada a la elaboración de derivados lácteos (Shearer, 1986). La cantidad de sólidos totales (ST) depende de varios factores, entre los que destacan la raza de la vaca; por ejemplo, las vacas de la raza holstein producen leche con 11.93% de sólidos, la jersey 14.5% y la suiza 13.4% (Gasque y Blanco, 1995; SAGAR, 1996). Un valor típico de ST para leche es del 12 – 13%. Sustrayendo el contenido de grasa en la muestra del valor de ST, se obtiene el valor para sólidos no grasos (SNG), regularmente alrededor del 8% (CombiFoss 6000, 2001).

II.3.3 Sólidos no grasos

Este es un término que se utiliza para describir el total de contenido de sólidos, menos la fracción grasa (Shearer, 1986). La cantidad de sólidos no grasos, también depende de la raza de la vaca: por ejemplo, las vacas holstein producen leche con cerca de 84.8 g L⁻¹ de sólidos no grasos, las jersey 94.3 g L⁻¹ y las suizas 94.0 g L⁻¹ (Gasque y Blanco, 1995).

II.3.4 Proteína

La concentración de proteína en la leche varía de 3.0 a 4.0%. El porcentaje varía con la raza de la vaca y en relación con la cantidad de grasa en la leche. Existe una correlación positiva entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína en la leche, ya que cuanto mayor es la cantidad de grasa, mayor es la cantidad de proteína. Las proteínas de la leche están constituidas por los siguientes grupos: la caseína en un 2.7%, proteínas del suero en un 0.6%,

proteosa-peptona en un 0.08% y las proteínas de la membrana del glóbulo graso en un 0.04% que se pueden diferenciar en función de su precipitabilidad o solubilidad (Schlimme y Buchheim, 2002). En ellas se encuentran presentes más de veinte aminoácidos dentro de los cuales están todos los esenciales. La caseína (80% de las proteínas totales de la leche) a su vez está compuesta por tres tipos de caseína: la κ -caseína, la β -caseína y la α -caseína (Varnam, 1995). Las proteínas del suero o seroproteínas constituyen el 20% restante, la función primaria de las proteínas con función nutricional es el aporte suficiente de aminoácidos esenciales y de nitrógeno orgánico. Cabe indicar que la relación de caseína/proteína de suero en leche de vaca es de 3.5 a 4.7 (Figura 9) (Badui, 1999). Las principales proteínas de la leche se sintetizan en la glándula mamaria a partir de un conjunto de aminoácidos libres. Una parte de estos aminoácidos deriva de los aminoácidos libres del plasma sanguíneo; pero por otra parte (aminoácidos no esenciales) se sintetiza en la glándula a partir de la glucosa y del acetato (Alais, 2001).

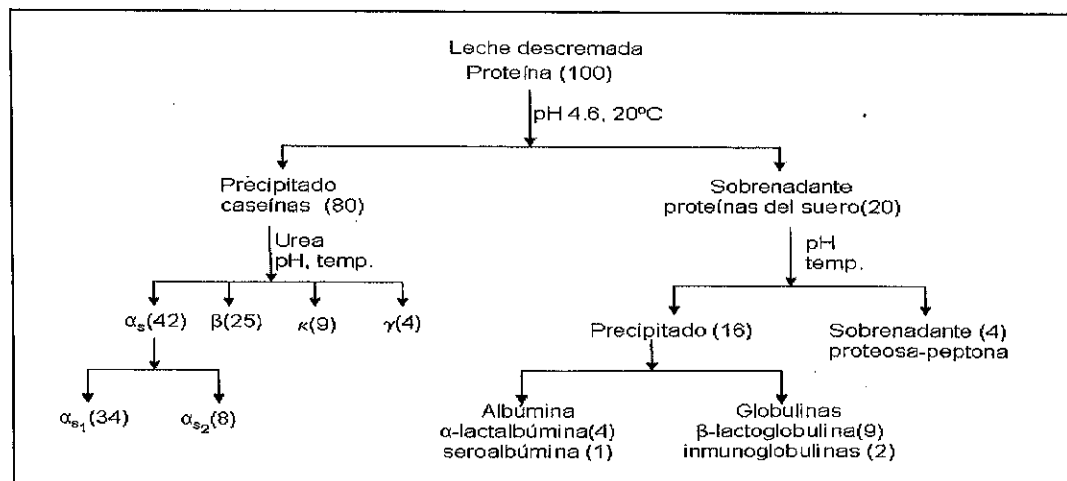


Figura 9. Fraccionamiento de las proteínas de la leche (los números entre paréntesis representan el porcentaje total de proteínas) (Fuente: Badui, 1999).

De acuerdo con Schlimme y Buchheim (2002), los derivados de las proteínas lácteas, además de los aislados de proteína lácteas y las fracciones individuales de éstas, contribuyen de forma importante a la industria alimentaria al asegurar la calidad de los alimentos. Algunos de estos productos de proteínas lácteas se encuentran en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Productos de proteínas lácteas

Leche descremada
Concentrado de proteínas lácteas con contenido reducido de sal y de lactosa
Caseína (caseína ácida y caseína al cuajo)
Caseinato sódico, caseinato potásico, caseinato cálcico
Coprecipitados de caseína y proteínas del suero
Proteinato lácteo
Fosfocaseinato nativo
Concentrado de proteínas del suero
-Descremado
-Desazucarado
-Desmineralizado
Aislado de proteína del suero
Lactalbúmina
Proteínas lácteas modificadas
-Desfosforiladas
-Succiniladas
-Fosforiladas
-Hidrolizadas

Fuente: Schlimme y Buchheim, 2002

II.3.5 Nitrógeno no-proteico

El nitrógeno no-proteico (NNP) es responsable de sólo el 6.0% del nitrógeno de la leche (Santos, 1992). Los componentes de esta fracción proteica son numerosos y cada uno de ellos se encuentra en cantidades muy pequeñas. La urea, con un porcentaje de alrededor del 50%, es el componente principal de la fracción del NNP. Como media se encuentra alrededor de 300 mg por litro de leche. Como producto metabólico final de la detoxificación del amoníaco en el hombre y en los mamíferos, el contenido de urea de la leche se correlaciona

con el contenido de urea en la sangre, de tal manera que una sobrealimentación proteica de la vaca se traduce en un fuerte aumento del contenido de urea de la leche (250-500 mg/L). Pero también debido a una alimentación energéticamente deficiente de la vaca se puede producir un aumento del contenido de urea de la leche, a la vez que se produce una disminución de la proteína láctea, ya que en esas condiciones el exceso de amoníaco en el rumen de la vaca no se puede usar para la biosíntesis de proteína por las bacterias debido precisamente a la deficiencia de energía del alimento, por lo que se transforma en urea (Schlimme y Buchheim, 2002).

Pero se encuentran también sustancias que tienen un papel importante en la biosíntesis de los componentes característicos de la leche, en especial los nucleótidos y las sustancias que constituyen sus precursores, como las bases nitrogenadas, y el ácido orótico. En el Cuadro 7 se incluye el contenido en nitrógeno de componentes lácteos orgánicos que son solubles en ácido tricloroacético al 12%. La leche contiene aminoácidos libres y en la leche de vaca, el más abundante es el ácido glutámico (30 a 50 mg/L); existe igualmente glicina, así como lisina y valina (Alais, 2001). En el Cuadro 7 se muestra una serie de compuestos de la fracción NNP con sus contenidos medios.

Cuadro 7. Composición y contenido medio de la fracción del NNP por litro de leche

	mg N	mg/L de leche		mg N	mg/L de leche
Aminoácidos libres	15	80	Carnitina	3	35
- Ácido glutámico (35%) ^{a/}			Taurina	0.5	6
- Glicina (15%)			Péptidos	30	200
- Treonina			Urea	140	300
- Isoleucina			Creatina + Creatinina	38	350
- Ácido aspártico			Ácido orótico	15	75
- Lisina			Sales de amonio	9	12
- Arginina			Ácido úrico	7	85
- Histidina			Ácido hipúrico	4	50
- Valina					
- Leucina					
- Fenilalanina					
- Tirosina					
- Cisteina					
- Serina					
- Metionina					
- Hidroxiportilina					
- Ácido α -aminobutírico					
- Citrulina					
- Omitina					

^{a/} Porcentaje (mol %) de todos los aminoácidos libres.

Fuente: Schlimme y Buchheim, 2002; Walstra y Jennes, 1987.

II.3.6 Grasa

Normalmente, la grasa (o lípidos) constituye del 2.0 al 6.0% de la leche, dependiendo de la raza de la vaca y de las prácticas de alimentación. Una ración demasiado rica en concentrados, que no estimula la rumia en la vaca, puede resultar en una caída en el porcentaje de grasa. Valores típicos de grasa en la leche de vacas con leche pobre en grasa van de 2.0 a 2.5% (Webb, 1974). La grasa está compuesta por una mezcla de triglicéridos que constituyen de 95 a 98% de la grasa total, que contienen más de diecisiete ácidos grasos. Otros componentes se encuentran solo en cantidades muy pequeñas, pero pueden ser importantes en las propiedades organolépticas o desde el punto de vista nutritivo. Entre ellos se encuentran las vitaminas A, D, E y K, (Varnam, 1995;

Santos, 1992), las sustancias aromáticas liposolubles, y las lipoproteínas (especialmente las fosfolipoproteínas). El Cuadro 8 muestra la contribución porcentual de los lípidos más importantes al contenido total de lípidos de la leche (Schlimme y Buchheim, 2002).

Cuadro 8. Composición de los lípidos totales de la leche (% p/p)

	Rango
Triglicéridos	96 – 99
Diglicéridos	0.3 – 1.6
Monoglicéridos	0.02 – 0.10
Fosfolípidos	0.2 – 1.0
Glicoesfingolípidos	0.01 – 0.07
Esteroles	0.2 – 0.4
Ácidos grasos libres	0.1 – 0.4

Fuente: Schlimme y Buchheim, 2002.

Los ácidos grasos de la grasa de leche cuantitativamente más importantes son los que tienen un número par de carbonos, no son ramificados, están saturados y tienen una longitud de cadena entre C4 y C18, así como los C18 insaturados, con enlaces sencillos, dobles o triples. En total se han encontrado en la grasa láctea más de 400 ácidos grasos diferentes, de los cuales sólo 15 aparecen en concentraciones superiores al 1%. Estos son los ocho con número par de carbonos y saturados (4:0 hasta 18:0), monoinsaturados (14:1, 16:1, 18:1), dos insaturados dobles (18:2, 18:3) y dos con número impar de carbonos y saturados (15:0, 17:0), que juntos suponen más del 95% de la cantidad total de ácidos grasos. Los restantes, llamados ácidos grasos minoritarios, son, por ejemplo, isómeros cis/trans (estereoisómeros e isómeros de posición), ácidos grasos con número impar de carbonos, ácidos grasos ramificados, así como ceto- e hidroxiaácidos.

La composición de los ácidos grasos de diversas especies muestra en partes diferencias específicas de especie, entre las cuales destacan en la leche humana la ausencia de ácido butírico (C4) y la presencia, sólo en trazas, de ácido caproico (C6) y caprílico (C8).

La composición de los ácidos grasos de la grasa láctea bovina depende de forma no despreciable de la alimentación y del rendimiento lechero, del genotipo de la vaca (la raza o el individuo), así como de la etapa de la lactancia.

La mayoría de los muchos ácidos grasos minoritarios tienen sólo interés científico, porque muestran aspectos interesantes de la biosíntesis de ácidos grasos. Algunos ácidos grasos minoritarios son sin embargo importantes desde el punto de vista nutritivo. Entre éstos se encuentran por ejemplo el 9-cis, 12-cis-18:2 (ácido linoleico, 1.2%) que es esencial, otros isómeros C18:2 con por lo menos un doble enlace en posición trans. En la grasa láctea bovina aparecen, sobre todo, dos ácidos grasos C18:2 en posición trans, el cis-9, trans-13 y el trans-11, cis-15, así como el ácido linoleico conjugado cis-9, trans-11. Al contrario que en los ácidos grasos 9-cis, 12-cis-C18:2, en los trans-C18:2, y especialmente en el 9-trans, 12-trans-C18, se produce una disminución de la biosíntesis de ácidos grasos poliénicos y de prostaglandinas debido a la inhibición de la $\Delta 6$ -desaturasa. A los ácidos linoleicos conjugados, sólo presentes en la grasa de los rumiantes, especialmente al 9-cis, 11-trans-C18 (en promedio el 0.8% en peso) se les atribuyen propiedades antioxidantes, antiaterogénicas, y anticarcinogénicas (Schlimme y Buchheim, 2002). La grasa

láctea contiene un grupo de componentes, tales como el ácido linoleico conjugado (ALC), esfingomielina, ácido butírico, β -caroteno y vitaminas A y D, que presentan un potencial anticáncer importante (Parodi, 1999).

II.3.7 Lactosa

La lactosa es el principal constituyente sólido de la leche. Su concentración varía entre 4.2 y 5.0%; el contenido de lactosa es generalmente más bajo al final de la lactancia y en la leche de vacas con mastitis. Este disacárido es el azúcar característico de la leche; está compuesto por glucosa y galactosa (Varnam, 1995; Basurto, 2001).

La lactosa es el componente soluble más abundante de la leche, y constituye la parte esencial del extracto seco del suero. Algunas determinaciones realizadas sobre el lactosuero constituyen, de hecho, una valoración aproximada de la lactosa. En las transformaciones experimentadas por la leche, la lactosa se encuentra siempre en la parte acuosa: leche descremada, mazada (tras la separación de la materia grasa de la crema), suero (tras la separación de la cuajada de caseína y materia grasa en quesería). En estos productos, la lactosa se encuentra en la proporción de 40 a 50 gramos por litro (Alais, 2001).

II.3.8 Minerales

Los minerales de la leche se determinan en sus cenizas. Los más importantes son bicarbonatos, magnesio, calcio, fósforo, sodio, potasio y cloro. Sus interacciones con las proteínas de la leche tienen importantes consecuencias

para la estabilidad de la leche y los productos lácteos. En pequeñas cantidades se encuentran presentes hierro, yodo, cobre, manganeso y zinc (Varnam, 1995). Estos se encuentran tanto en solución, como formando parte del sistema coloidal de las caseínas. Aproximadamente 50% del fósforo total está esterificado en las fosfoserinas de las caseínas. Cabe indicar que el contenido promedio total de calcio es de 117.7 mg/100 g (equivalente a 30 mM aproximadamente) y que es superior a la concentración de saturación de una solución acuosa; esto se debe a que 69% (81.1 mg) se encuentra en forma coloidal, unido a las caseínas mediante el fosfato correspondiente; el resto del calcio, 31%, (36.6 mg) se localiza como soluble en el suero y se puede cuantificar fácilmente cuando la leche se dializa. Dado que las vacas que padecen mastitis segregan leches con un alto contenido de cloruros, la concentración de éstos se ha utilizado como un índice de salud de las vacas (Badui, 1999). La leche de vaca proporciona implícitamente todos los minerales mayoritarios y minoritarios, requeridos por la especie humana.

II.3.9 Vitaminas

La leche fresca, recién ordeñada, contiene la mayoría de las vitaminas, aun cuando algunas de ellas están en concentraciones muy bajas; los diversos tratamientos a los que se somete llegan a inducir fuertes pérdidas de las más termosensibles (principalmente las hidrosolubles), pero las otras los resisten adecuadamente. Las vitaminas liposolubles se encuentran generalmente interaccionando con los glóbulos de grasa, principalmente en la membrana,

mientras que las hidrosolubles se localizan en el suero, que muchas veces adquiere un color verdoso por la presencia de riboflavina (Badui, 1999). Las vitaminas presentes en la leche, A, D, E y K se encuentran en los glóbulos de grasa y las demás en el plasma de la leche, también están el complejo B, y la vitamina C. La leche de vaca contiene todas las vitaminas conocidas, la vitamina K en muchas muestras apenas puede detectarse.

El Cuadro 9 muestra los contenidos medios de vitaminas hidrosolubles y liposolubles, y el porcentaje de las necesidades diarias de ingestión de vitaminas que se cubre, en un individuo adulto, mediante el consumo de medio litro de leche.

Cuadro 9. Concentración media de las vitaminas en la leche y porcentaje (p/p) de las necesidades diarias de un adulto aportadas por la ingestión de 500 mL de leche entera

Vitamina		Contenido medio (mg/L leche)	Necesidades diarias (% p/p, redondeados) ¹
Vitaminas liposolubles ²			
A	Retinol	0.3	25
D	Ergocalciferol	0.001	15
E	Tocoferol	0.9	5
K	Filoquinona	0.04	1
Vitaminas hidrosolubles			
B1	Tiamina	0.4	15
B2	Riboflavina (Lactoflavina)	1.6	50
	Nicotinamida	1.0 ³	3
	Ácido fólico	0.005	10
	Ácido pantoténico	3.6	25
B6	Piridoxal	0.5	15
B12	Cobalamina	0.005	50
C	Ácido L-ascórbico	20	15
H	Biotina	0.04	10

¹La ingesta diaria recomendada de vitaminas está basada en lo recomendado por la OMS («recommended daily allowances», valor RDA).

²Los valores de las vitaminas liposolubles se dan para la leche entera (contenido de grasa: 3.5% en peso).

³Sin la fracción de niacina que puede ser sintetizada por el hombre a partir de triptófano; 60 mg de triptófano en la dieta son equivalentes a 1mg de niacina.

Fuente: Schlimme y Buchheim, 2002.

II.3.10 Enzimas

Las enzimas se encuentran distribuidas en la leche, ya sea unidas a las micelas de caseínas, a la membrana del glóbulo de grasa o en forma libre en el suero; se producen en la glándula mamaria y de ahí se transfieren a la leche; algunas no son necesariamente inherentes a ella, sino que provienen de una contaminación microbiana (Badui, 1999). Las enzimas más conocidas de la leche son la fosfatasa alcalina, lipoproteinlipasa, catalasa, lactoperoxidasa, xantínoxidasa, galactosiltransferasa, plasmina (Walstra y Jennes, 1987; Friedich, 2000). Entre otros componentes también se encuentra en la leche gases como el CO₂, oxígeno y nitrógeno (Magariños, 2000).

II.4 Propiedades fisicoquímicas de la leche cruda asociadas con su calidad

II.4.1 Densidad

La densidad de la leche estima la cantidad de sólidos totales disueltos y detecta, indirectamente, la adición de agua a la leche. Su valor, a 15°C, varía entre 1.028 y 1.033, valor que depende de la concentración de los compuestos disueltos y en suspensión (sólidos no grasos), de la proporción de materia grasa en la leche y de la temperatura ambiental, ya que cuando varía la temperatura de fusión de la grasa, la densidad varía, y no se estabiliza sino hasta varias horas después del cambio de temperatura.

II.4.2 Crioscopia

El punto de congelamiento de la leche es afectado por la cantidad de sólidos disueltos. La crioscopia es la característica más constante de la leche y se utiliza para detectar adulteraciones con agua. La leche se congela a -0.521°C ($-0.540^{\circ}\text{Horvet}$). Una lectura de -0.515°C ($-0.536^{\circ}\text{Horvet}$) ya permite sospechar una posible adición de agua a la leche; sin embargo, debe recordarse que los límites normales son de -0.515 a -0.536°C (-0.535 a $-0.560^{\circ}\text{Horvet}$). Los constituyentes solubles (lactosa y sales) determinan el punto de congelación y son los responsables para que éste sea menor que el del agua. Las grasas y proteínas tienen muy poco o nada que ver con el punto de congelación de la leche (Revilla, 1985; Santos, 1992).

II.4.3 pH

La leche bovina normal posee un pH de 6.6 a 6.8. En la leche fresca no existe ácido láctico, pero este ácido se produce cuando las bacterias contaminantes fermentan la lactosa de la leche. Valores más altos de 6.8, usualmente denotan mastitis, mientras que valores de pH de 6.5, indican la presencia de calostro o degradación bacteriana (Santos, 1992; Philpot, 2001; Gasque y Blanco, 1995). En general la leche tiene una reacción iónica cercana a la neutralidad. La leche de vaca tiene una reacción débilmente ácida, con el pH antes citado como consecuencia de la presencia de caseína y de los aniones fosfórico y cítrico principalmente (Alais, 2001).

II.4.4 Acidez titulable

Expresa el contenido en ácido láctico en la leche; la acidez se informa en grados Dornic (°D), es el número de décimas de centímetros cúbicos (c.c.) de hidróxido de sodio N/9 utilizadas para valorar 10 c.c. de leche en presencia de fenolftaleína, (N/9 porque el ácido láctico tiene un peso molecular de 90) (Alais, 2001).

II.4.5 Acidez al alcohol al 72%

La NMX-F-700-COFOCALEC-2004, fundamenta que cuando se mezcla un volumen dado de alcohol con leche, provoca una deshidratación parcial de ciertos coloides hidrofílicos presentes en la muestra, desnaturalizándolos y alcanzando un estado de desequilibrio entre sus dos fases discontinuas (emulsión grasa y suspensión coloidal) por lo que floculan. Este cambio sólo se produce cuando la mezcla final alcanza un cierto contenido de alcohol, abajo del cual la leche térmicamente estable no floculará y por lo tanto la leche resistirá un tratamiento térmico. La concentración de etanol para la prueba de alcohol de la leche cruda es de 72% (v/v). No obstante, las industrias lecheras han ido aumentando la concentración de etanol a fin de asegurarse de recibir leches más estables frente a los tratamientos térmicos.

Esta prueba constituye un indicador indirecto del grado de acidificación de la leche cruda. Por tanto también revela, indirectamente, la carga microbiana total de la leche (principalmente la flora acidoláctica), y su probable comportamiento

ante u tratamiento térmico (vg. Pasteurización o esterilización comercial) (Villegas y Santos 2003).

II.5 Variaciones de la composición de la leche de vaca

II.5.1 Raza

La raza es un factor muy importante en cuanto a la producción y a la composición de la leche. El rendimiento anual de unas razas con respecto a otras puede ser doble o triple; también las variaciones en extracto seco de la leche producida son considerables. El elemento cuyo porcentaje es menos constante es la grasa, siendo la lactosa el componente menos variable (Veisseyre, 1988; Revilla, 1985).

II.5.2 Etapa de lactancia

Durante los tres a cuatro días posteriores al parto, la glándula mamaria secreta calostro (periodo calostrado). Después del periodo calostrado la secreción de leche aumenta durante alrededor de un mes; después se mantiene constante durante los dos meses siguientes, para disminuir progresivamente más tarde hasta el final del periodo de lactancia, que dura unos diez meses, en el sistema de producción intensivo. De modo paralelo, se observa un aumento del extracto seco de la leche, debido, sobre todo, por un aumento de la grasa y de las materias nitrogenadas (Veisseyre, 1988).

II.5.3 Cuenta de células somáticas

Toda leche contiene un cierto nivel de células somáticas. En leche normal, las células somáticas son sobre todo células epiteliales, u otros tipos de células somáticas que no causan problemas significativos de calidad de la leche. Cuando existe infección bacteriana, los daños al tejido secretor, u otra inflamación del tejido mamario, el número de células somáticas aumenta en la leche dramáticamente. Este aumento en células somáticas está dado por una transferencia de las células blancas de la sangre a la leche. Además, las proporciones relativas de diversos tipos de células somáticas presentes en leche cambian perceptiblemente.

En leche normal, más de 80% de células somáticas son células epiteliales u otras células somáticas encontradas normalmente en leche. Debido al daño del tejido secretor resultado de mastitis, se presenta una salida del plasma de la sangre hacia la leche. El plasma de la sangre contiene muchas enzimas, tales como proteasas y lipasas que pueden acelerar la suspensión de la proteína y de la grasa de la leche (Barbano, 1987).

II.6 Productos lácteos

Antes de la moderna era industrial existían pocos productos lácteos; esencialmente estaban constituidos por leche entera y descremada, mantequilla y quesos. Se desconocían los métodos para conservar la totalidad de los componentes de la leche, y solamente los elementos insolubles (caseína y

grasa) podían conservarse durante bastante tiempo en forma de queso o mantequilla, pero la parte soluble se despreciaba, o se utilizaba mal. La conservación de una parte importante de la leche producida en las regiones lecheras es una necesidad económica y social; ello permite relaciones en el tiempo y en el espacio y, como consecuencia, la regulación de los mercados y la posibilidad de abastecer zonas deficitarias. Esta conservación puede realizarse, hoy en día, por diversos métodos que permiten conservar prolongadamente, la leche entera o privada de su agua de constitución.

La lista de los productos lácteos y de los productos derivados de la leche aumenta cada día; los tres principales derivados: queso, crema y mantequilla se representan esquemáticamente en la Figura 10 (Alais, 2001; Badui 1999).

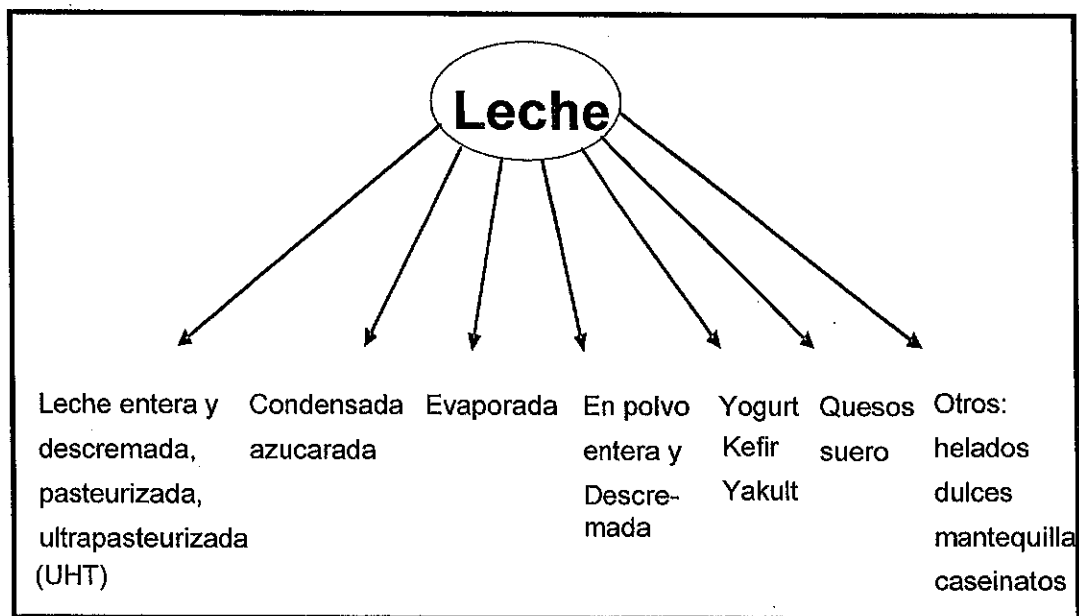


Figura 10. Productos derivados de la leche (Fuente: Badui, 1999).

LITERATURA CITADA

- Acosta YM. Alimentación y sólidos en leches. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Uruguay. Programa Nacional de Lechería. 2002.
- Acosta YM, Delicchi MI. Determinación de urea en leche. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Uruguay. Programa Nacional de Lechería. 2002.
- Alais C. Ciencia de la Leche. Principios de Técnica Lechera. Ed. CECSA. México, 2001. Pp. 178-220.
- Amiot J. Ciencia y Tecnología de la Leche: principios y aplicaciones. Ed. Acibia. Zaragoza, España. 1991. Pp 547.
- Ávila TS. Anatomía de la glándula mamaria y composición de leche. Memorias del curso: Buenas prácticas de ordeño para el aseguramiento de la calidad de leche. Celaya, Guanajuato, México. 2003. Pp 4-16.
- Badui DS. Química de los alimentos. Ed. Pearson Educación. México, 1999. Pp. 570-609.
- Barbano DM, Verdi RJ, Rasmussen R. Influence of milk somatic cell count on cheese manufacturing and cheese yield. Marschall Italian Cheese Seminar, held in the Forum of the Dane County Exposition Center, Madison, Wisconsin, on september 16 and 17, 1987.
- Barkema HW, Schukken TH, Lam TJGM, Beiboer ML, Benedictus G, Brand A. Management practices associated with the incidence rate of clinical mastitis. J Dairy Sci 1999; 82:1643-1654.
- Barnouin J, Chassagne M, Aimo I. Dietary factors associated with milk somatic cells counts in dairy cows Brittany, France. Prev Veterinary Med 1995; 21:299-311.
- Basurto KVM. Cantidad y calidad de leche o factores que la afectan; en Revista

- Holstein. México noviembre 2001. pp 26-28.
- Bear W. Alteration of the fatty acid content of milk fat . Journal of Food Protection. 1991. 54 (5):383-386.
- Boor KJ, Brown DP, Murphy SC, Kazlowski SM, Blander DK. Microbiological and Chemical Quality of Raw Milk in New York State. J Dairy Sci. 1998; 81:1743-1748.
- Combellas J, Tesorero M. Relación vaca-becerro en la sala de ordeño y su influencia sobre la producción de leche y su contenido de grasa. III Curso Internacional de ganadería de doble propósito. Memorias del XI Congreso Venezolano de Producción e Industria animal. Valera 22 al 26 de Octubre ULA-Trujillo 2002.
- CombiFoss 6000. Manual de operación. FOSS Electric A/S 69, Slangerupgade DK 3400 Hillerød P/N 1025172. Edición 4. Enero 2001. Pp 1 – 20.
- EKOMILK-M. Manual de operaciones. 2003.
- Escobar JF, Carlos L, Galina CS, y Fernández BS. Efecto del amamantamiento sobre la actividad reproductiva postparto en vacas cebú, criollas y F1 (cebú x Holstein) en el trópico de México. Vet. Méx. 1984;15:243.
- FAO. Faostat Database Results. 2000. <http://apps.fao/cgi-bin/nph.db.pl>
- FIRA. Boletín Informativo No. 317. Tendencias y oportunidades de desarrollo de la red leche en México. México 2004. Pp. 92-131.
- Friedrich MK. Productos lácteos Serie Agronegocios. Grupo editorial Iberoamericano S.A. de C.V. México D.F. 2000. Pp 14-16.
- Gasque GR, Blanco OMA. Zootecnia en bovinos productores de leche. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Departamento de Producción Animal: Rumiantes. Libro electrónico. 1995. Pp 30-39, 146-171.

- Gianneechini R, Concha C, Rivero R, Delucci I, Moreno LJ. Ocurrencia de mastitis clínica y subclínica en rodeos lecheros de la Región Litoral Oeste en Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Uruguay. 2000. 16-29
- Goldberg JJ, Wildman EE, Pankey JW, Kunkel JR, Howard DB, Murphy BM. The influence of intensively managed rotational grazing, traditional continuous grazing, and confinement housing on bulk tank milk quality and udder health. J Dairy Sci. 1992; 75: 96-104.
- Haroldo M. Producción higiénica de leche cruda. Producción y Servicios Incorporados S.A. Guatemala. 2000. Pp. 83-93
- INEGI. El sector Alimentario en México. Edición 1999.
- INIFAP. Manejo de Ganado bovino de doble propósito en el trópico. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. México. 1999.
- Lehenbauer A, Martin B, Hauwuy A, Coulon JB, Poutrel B. Evolution of milk somatic cell count of grazing an alpine pasture according to the infection of udder by pathogens. Ann Zoo Tech 2000; 49:45-54.
- Lomascolo A, Dubreucq E, Terrier V y Galzy P. Observations concerning the composition of fatty acids in dairy products. Milchwissenschaft. 1994. 49 (10): 559-561.
- Magariños H. Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. Chile. 2000.
- Molina LH, González R, Brito C, et al. Correlación entre la termoestabilidad y prueba de alcohol de la leche a nivel de un centro de acopio lechero. Arch. med. vet., 2001, vol.33, no.2, p.233-240.
- NMX-F-700-COFOCALE-2004. Sistema producto leche – Alimento – Lácteo – Leche cruda de vaca – Especificaciones Fisicoquímicas, Sanitarias y métodos de prueba.

NOM-155-SCFI-2003. Especificaciones de leche pasteurizada, ultrapasteurizada y microfiltrada ultra.

Osorio AMM, Segura CJC. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas Bos taurus x Bos indicus en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. Téc Pecu Méx 2005; 43(1):127-137.

Papalois M, Leach F, Dungey S, Yep Y y Versteeg C. Australian milkfat survey - physical properties. The Australian Journal of Dairy Technology. 1996. 51 (10):114-116.

Parodi PW, Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. Symposium: A bold new look at milk fat. J.Dairy Sci. 1999; 82(6),1339-1349

Patiño EM. La leche de bufala. Fac. Cs. Veterinarias – Universidad Nacional del Nordeste. Argentina 2003.

Pérez HP, Solaris MF, García-WM, Osorio-AM, Gallegos-SJ. Comportamiento productivo y reproductivo de vacas de doble propósito en dos sistemas de amamantamiento en el trópico. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2001; 9(2): 79-85.

Philpot WM. Interpretación de la cuenta de células somáticas y acciones a realizar. En: Memorias del Tercer Congreso Nacional de Control de Mastitis y Calidad de la Leche. León, Guanajuato, México. 21 al 23 de Junio. 2001. Pp 14-26.

Pinto M, Rubilar A, Carrasco E. et al. Efecto estacional y del área geográfica en la composición de ácidos grasos en la leche de bovinos. Agro sur, jul. 2002, vol.30, no.2, Pp.75-90.

Pinto M, Shamshiri-Amirkolai S, Carrasco E. et al. Variaciones estacionales de los triacilglicéridos en la grasa de leche de bovinos. Agro sur, jul. 2001, vol.29, no.2, Pp.120-127.

- Revilla A. Tecnología de la leche. Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 1985. Pp 17-42.
- SAGAR. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. Claridades Agropecuarias. Órgano desconcentrado de la SAGAR. Revista de publicación mensual. México. 1996. Pp 25.
- SAGAR. Centro de Estadística Agropecuaria (CEA). Boletín bimestral de leche. Ediciones 2000. http://www/siea.sagarpa.gob.mx/ar_comanupec.html
- Santos MA. Química y Bioquímica de los Alimentos. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. 1992. Pp 277-354.
- SAS®. 2001. User's Guide. Statistics 8th ed. SAS Institute Inc., Cary. NC.
- Schlimme E, Buchheim W. La leche y sus componentes. Propiedades químicas y físicas. Ed. ACRIBIA, S.A. Zaragoza (España). 2002. Pp. 1-103.
- SIAP (Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera). Boletín de Leche 01 05. 2004. Pp 43.
- Shearer JK. The Production of Quality Milk. IFAS. Extension Veterinarian. College of veterinary medicine. University of Florida. 1986. Pp 1-8.
- Taverna MA. La calidad: ¿por qué y para qué? Rafaela INTA. Argentina. 2000.
- Tesorero M, Combellas J, Uscátegui W, Gabaldon L. Influence of suckling before milking on yield and composition of milk from dual purpose cows with restricted suckling. Livest. Research for rural Development 13 (1) 2002. Electronic version (<http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/1/teso131.htm>)
- USDA (United State Departamend y Agricultural). Agricultural Marketing Service. 2000. www.ams.usda.gov/dairy
- Vaarst M, Enevoldsen C. Patterns of clinical mastitis manifestations in danish

organic dairy herds. J Dairy Res 1997; 64:23-37.

Varnam AH. Leche y productos lácteos; tecnología, química y microbiología. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España. 1995. Pp 1-43.

Veisseyre R. Lactología técnica. Ed. Acribia, España. 1988 Pp 64-114.

Villegas GA, Santos MA. Calidad de la leche cruda. Manual de prácticas. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. 2003. pp. 23-25.

Walstra P, Jenness R. Química y física lactológica. Ed. ACRIBIA S.A. Zaragoza, España. 1987. Pp 423.

Weeb BH. Fundamentals of Dairy Chemistry. Ed. AVI. Washington USA. 1974. Pp 2-9

Weller RF, Cooper A. Health status of dairy herds converting from conventional to organic dairy farming. Vet Record. 1996; 139:141-142.

CAPITULO III.

CALIDAD DE LA LECHE EN EXPLOTACIONES DE GANADO BOVINO DE DOBLE PROPÓSITO EN TABASCO EN ÉPOCA DE LLUVIAS Y SECA

M. Ortiz Hernández^{*1}, J. G. García Muñoz², A. Villegas de Gante¹ y M. Muñoz Rodríguez¹

¹Posgrado en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, ²Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México–Texcoco. e-mail: mateoortiz@correo.chapingo.mx, jgarciam@correo.chapingo.mx

1 Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar durante la época de lluvias y seca la cuenta de células somáticas (CCS) y la calidad fisicoquímica (grasa, proteína, lactosa, caseína, proporción de caseína en la proteína, sólidos no grasos (SNG), sólidos totales (ST), densidad, acidez titulable, crioscopía, agua adicionada, pH y urea), de la leche de vacas individuales y leche de mezcla en unidades de producción de ganado bovino de doble propósito en Tabasco, México. La CCS y los parámetros fisicoquímicos de muestras de leche (n = 2,707) de vacas individuales (n = 285) provenientes de tres ranchos, y muestras de leche de mezcla (n = 1,156) provenientes de 195 unidades de producción se

analizaron en la época de lluvias en los meses de junio – agosto de 2004, y la época de seca, en los meses de enero – marzo de 2005. En cada época del año, los resultados se compararon con los estándares de calidad de la leche de la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y la NOM-155-SCFI-2003. Para cualquier distribución de frecuencia se consideró un resultado deseable cuando más del 70% de las muestras de leche cumplieron los estándares de calidad respectivos. En la época de lluvias, sólo la densidad y los sólidos totales, en la leche de mezcla, y los SNG, ST, densidad y crioscopía, en la leche de vacas individuales, presentaron distribuciones de frecuencia en las cuales menos del 70% de las muestras de leche cumplieron los estándares de referencia respectivos. En el época de seca, sólo la densidad y la crioscopía, en la leche de mezcla, y la lactosa, la densidad, y la crioscopía, en la leche de vacas individuales, presentaron distribuciones de frecuencia en las cuales menos del 70% de las muestras de leche cubrieron los estándares de referencia respectivos. Se concluye que la leche de mezcla y de vacas individuales de Tabasco evaluadas en el presente estudio son de buena calidad.

Palabras Clave: estándares de calidad de la leche, ganadería de doble propósito, época de lluvias, época de seca.

MILK QUALITY IN PRODUCTION UNITS OF DUAL PURPOSE BOVINES IN THE STATE OF TABASCO IN DRY AND RAINY SEASON

2 Abstract

The aim of this research was to evaluate the of somatic cells count (SCC) and the physiochemical parameters (fat, protein, lactose, casein, solids nonfat (SNF), proportion of casein in the protein, solids total (ST), density, titratable acidity, freezing point depression, amount of added water, pH and urea) of milk from individual cows and mixed milk from dual purpose bovine cattle in production units during the dry and rainy seasons in Tabasco, Mexico. The SCC and the physiochemical parameters of milk samples (n = 2,707) from individual cows (n = 285) were from three farms, and mixed milk samples (n = 1,156) from 195 production units were analyzed during the rainy season in the months from June to August, 2004, and during the dry season, in the months from January to March, 2005. During both seasons, the results were compared with the milk quality standards of the NMX-F-700-COFOCALEC-2004 and the NOM-155-SCFI-2003. A result was considered desirable when any frequency distribution of more than 70% of the milk samples fulfilled the respective quality standards. In the rainy season, only the density and total solids in the mixed milk, and the SNG, TS, density and freezing point depression in the milk of individual cows presented frequency distributions in which less than 70% of the milk samples

met the respective reference standards. During dry season, only the density and freezing point depression in mixed milk, and the lactose, density, and freezing point depression in the milk of individual cows had a frequency distribution in which less than 70% of the milk samples fulfilled the respective reference standards. The conclusion was that the mixed milk and that from individual cows evaluated in Tabasco in the present study were of good quality.

Keywords: milk quality standards, dual purpose cattle, rainy season, dry season.

3 Introducción

La calidad de la leche y sus derivados en la industria láctea depende directamente de la calidad de la materia prima proveniente de las zonas de producción, del transporte, la conservación y manipulación en general hasta la planta. Por lo tanto, el éxito de la industria y la calidad de los productos para el consumidor, dependen del control que se tenga sobre la leche cruda. El extraordinario avance en el desarrollo de nuevos métodos instrumentales para el análisis de los principales componentes de la leche, más rápidos y automatizados, han reemplazado a los métodos químicos clásicos. Esto ha permitido evaluar una mayor cantidad de componentes en una misma muestra de leche y con eficiencia, según el número de análisis por hora, muy lejos a la

alternativa de los métodos tradicionales. En la mayoría de los sistemas de control de producción y calidad de la leche en el mundo, la determinación de la materia grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, sólidos no grasos y caseína son en la actualidad métodos de rutina.

En el Estado de Tabasco, se cuenta con una empresa de reciente creación denominada APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. que posee una planta pasteurizadora para procesar 30,000 litros de leche por día, y tiene como objetivo producir leche pasteurizada para venderse en el mercado local de Macuspana, Tabasco. En el área de captación de la empresa existe un padrón de alrededor de mil productores, quienes en conjunto poseen un inventario estimado de 25 mil vientres, con una producción estimada de 40 mil litros de leche por día. Actualmente, la empresa la constituyen 270 productores de ganado de doble propósito, quienes se encuentran organizados en 25 centros de acopio, los cuales en conjunto poseen 30 tanques enfriadores, con capacidad para captar 30 mil litros de leche diariamente.

La planta pasteurizadora constituye la pieza clave de la propuesta de valor del proyecto de esta empresa. La integración de los productores en torno a ella pretende agregarle valor a la materia prima a través de su procesamiento y venta como leche pasteurizada en el mercado regional. Con el fin de competir en el segmento del mercado de la leche pasteurizada, la empresa requiere diseñar una estrategia de suministro de leche de calidad, desde el rancho productor hasta la mesa del consumidor.

El estudio que aquí se describe estuvo encaminado a evaluar la calidad fisicoquímica y sanitaria (según la cuenta de células somáticas) de la leche de vacas individuales y de la leche de mezcla producida en tres ranchos y en las unidades de producción de ganado bovino de doble propósito, propiedad de los socios de la empresa APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. en, Tabasco, México.

4 Materiales y métodos

4.1 Localización y estrategia de muestreo

Este trabajo se llevó a cabo en el Estado de Tabasco, el cual tiene un clima tropical húmedo, con una media de temperatura mensual anual de 26° C, con oscilaciones térmicas diarias de 25 a 50° C en primavera y verano, y de 16 a 20° C durante las noches de invierno. La media de precipitación anual es de 2,240 mm, con 70% de la precipitación total, en el verano y el otoño. La humedad relativa media mensual es superior a 80% (Osorio y Segura, 2005).

La primera fase se llevó a cabo durante la época de lluvias, en los meses de julio y agosto, y consistió en la elaboración de un diagnóstico de la calidad fisicoquímica de muestras de leche de mezcla y de vacas individuales. Las muestras de leche de mezcla ($n = 374$) se colectaron de 211 de las 272 unidades de producción que conforman el grupo de socios de la empresa; las muestras de leche individuales ($n = 372$) se obtuvieron de dos ordeños

consecutivos de 186 vacas individuales de un rancho del municipio del Centro. En esta etapa también se aplicó un cuestionario, a cada uno de los socios de la empresa para obtener información sobre la tecnología de producción utilizada en el sistema de producción, así como para obtener una estimación del inventario ganadero y la composición promedio del hato. Esta información se analizó para estimar el potencial de producción del grupo de productores, así como para detectar las necesidades de capacitación para la producción de leche de calidad.

Considerando las variaciones estacionales en la producción y calidad de la leche, el estudio contempló una segunda fase de muestreo de leche durante los meses de enero - marzo de 2005, representativos de la época seca en la región. En esta fase se obtuvieron los análisis fisicoquímicos de 782 muestras de leche provenientes de 174 unidades de producción propiedad de los socios de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. Además del rancho del municipio del Centro, que ya había participado con muestras de leche de vacas individuales en el primer muestreo, en la segunda fase se incorporaron otros dos ranchos más. Uno de ellos, ubicado en el municipio de Tenosique, Tabasco, participó con tres muestreos en tres meses consecutivos para un total de 1,030 muestras de leche provenientes de 85 vacas con doble ordeño. El otro, ubicado en el municipio de Jalapa, Tabasco, participó con dos envíos de 517 muestras de leche que representaron dos muestreos en dos meses consecutivos de 68 vacas individuales, con doble ordeño. En total, para la

segunda fase del estudio se contó con un total de 2,233 muestras de leche provenientes de 285 vacas individuales.

En el Cuadro 1 se presenta la información sobre las comunidades y ranchos que participaron en el estudio, así como su ubicación en las dos zonas de producción definidas en el estudio como alta o baja, de acuerdo con su ubicación y la elevación promedio sobre el nivel del mar de la propiedad. En el Cuadro 1 también se especifica si las muestras de leche respectivas corresponden a leche de vacas individuales o a leche de mezcla.

Cuadro 1. Relación de zonas y sitios de producción donde se colectaron las muestras de leche de mezcla o de vacas individuales para el análisis de calidad

Zona	Tipo de muestra	Sitio
Alta	Leche de mezcla	Buena Vista
		Caparroso 1 y 2
		Chivalito 2ª sección
		Guayacán
		Javier Mina
		Palomas
		Zopo Norte
Baja	Leche de mezcla	Alcalde Mayor
		Arroyo Hondo
		Barrial
		Chinalito
		Maluco
		Monte Grande
		Ramón Grande
		Sitio Nuevo
Baja	Leche de vacas individuales	Venustiano Carranza
		Rancho 'La Carolina'
		Rancho 'El Chivo'
Alta		Rancho 'San José'

Fuente: Investigación de campo 2004.

4.2 Materiales y equipo de laboratorio

Los materiales, reactivos y equipo para evaluar la calidad de la leche consistieron en un laboratorio portátil en la primera fase y un laboratorio estacionario en la segunda. El laboratorio portátil consistió de un equipo comercial para análisis de leche cruda de la marca EKOMILK-M, que determina los contenidos de grasa, proteína, sólidos no grasos, agua adicionada, la depresión del punto crioscópico y la densidad de la leche; rejillas con tubos graduados para realizar la prueba de Wisconsin; buretas con aforo automático para determinar la acidez titulable de la leche, y los reactivos necesarios para estas pruebas como hidróxido de sodio 0.1 normal, alcohol al 72% y reactivo para la prueba de Wisconsin. En esta fase también se aplicó el cuestionario para identificar la tecnología de producción en cada una de las unidades de producción de donde se colectaron las muestras de leche.

En la segunda fase se contó con el apoyo del Laboratorio de Calidad de la Leche de la Universidad Autónoma Chapingo para realizar los análisis respectivos. El laboratorio cuenta con un equipo de análisis de leche de la marca MILKOSCAN-FT 120.

Este equipo cuenta con una serie de calibraciones para efectuar análisis fisicoquímicos de la leche, entre ellas la que corresponde a leche mejorada que fue la que se utilizó para el análisis de las muestras del presente estudio.

La relación de variables de calidad de la leche que se determinaron en cada

una de las fases del estudio se presenta en el Cuadro 2. Como podrá apreciarse, algunas variables no se determinaron en alguna de las fases, debido fundamentalmente a la estrategia en el cambio de equipo para análisis.

Cuadro 2. Relación de atributos de calidad de la leche que se determinaron en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales en las dos fases del estudio

Primera fase	Segunda fase
Grasa (%)	Grasa (%)
Proteína (%)	Proteína (%)
ND	Lactosa (%)
ND	Caseína (%)
ND	Proporción de caseína en la proteína
Sólidos no grasos (%)	Sólidos no grasos (%)
Sólidos totales (%)	Sólidos totales (%)
Densidad (g/mL)	Densidad (g/mL)
Acidez titulable (°D)	ND
Crioscopia (°H)	Crioscopia (°H)
Agua adicionada (%)	ND
pH	ND
Cuenta de células somáticas (células/mL)	Cuenta de células somáticas (células/mL)
ND	Urea en leche (%)

Fuente: Investigación de campo 2004.

4.3 Estándares de referencia de calidad de la leche

Los resultados de los análisis de calidad de la leche de las muestras del estudio se compararon con los estándares mexicanos estipulados en las normas NMX-F-700-COFOCALEC-2004 para leche cruda, y la NOM-155-SCFI-2003 para leche pasteurizada. Las especificaciones para cada una de estas normas se presentan en los Cuadros 3 y 4. También se consideraron las especificaciones para pH de la leche cruda de 6.5 a 6.7, y para sólidos totales de 113 g/l tomadas de la literatura (Alais, 2001; Amiot, 1991; Schlimme y Buchheim, 2002).

Cuadro 3. Especificaciones de la NOM-155-SCFI-2003 para leche pasteurizada

Especificaciones	Límites	
	Mínimo	Máximo
Grasa butírica (g/L)	30.0	
Proteínas propias de la leche (g/L)	30.0	
Sólidos no grasos de la leche (g/L)	83.0	
Densidad a 15 °C (g/mL)	1.029	
Acidez (g/L) expresada como ácido láctico	1.3	1.7
Punto crioscópico (°H)	-0.56	-0.530
Lactosa (g/L)	43.0	50.0
Caseína (g/L)	21.0	
Proporción de caseína en la proteína	0.7	

Cuadro 4. Especificaciones de la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 para leche cruda

Especificaciones	Concentración (g/litro)	
Grasa butírica (g/L)	Clase A	≥ 32
	Clase B	Mínimo 31
	Clase C	Mínimo 30
Proteínas propias de la leche (g/L)	Clase A	≥ 31
	Clase B	Mínimo 30 a 30.9
	Clase C	Mínimo 28 a 29.9
	Mínimo	Máximo
Sólidos no grasos de la leche (g/L)	83.0	
Densidad a 15 °C (g/mL)	1.0295	
Punto crioscópico (°H)	-0.560	-0.530
Lactosa (g/L)	43.0	50.0
Prueba de alcohol al 72% v/v	Especificación	
	Negativa	
Cuenta de células somáticas (cs/mL)	Clase 1	≤ 400,000
	Clase 2	4001,000 a 500,000
	Clase 3	5001,000 a 749,000
	Clase 4	750,000 a 1'000,000

4.4 Análisis estadístico

Para cada una de las variables de calidad de la leche se obtuvieron los estadísticos descriptivos y sus distribuciones de frecuencia utilizando los procedimientos MEANS y UNIVARIAT de SAS (SAS, 2001). Las distribuciones de frecuencia se compararon con los promedios o rangos especificados en la

NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y la NOM-155-SCFI-2003 y se determinó el porcentaje de muestras que estuvieron por arriba (o dentro del rango) de las especificaciones de las normas.

La información de cada una de las estaciones se analizó por separado debido a que se utilizaron equipos diferentes para el análisis de las muestras de leche. En cada estación se obtuvieron para cada variable las distribuciones de frecuencias respectivas, mismas que se compararon con los estándares de referencia contenidos en las normas. Además, para evaluar el efecto de factores que afectan la calidad de leche, se ajustaron los siguientes modelos lineales para las muestras de leche de mezcla (PROC GLM; ecuación 1) y las de vacas individuales (PROC MIXED; ecuación 2):

$$Y_{ijklm} = \mu + ZONA_i + COMUNIDAD(ZONA)_{ij} + GENOTIPO_k + TIPO_DE_ORDEÑO_l + FORMA_DE_ORDEÑO_m + SUPLEMENTA_n + e_{ijklm} \quad [1]$$

Donde:

Y_{ijklm} es cada una de las variables de calidad de la leche medidas en el estudio (i.e. grasa, proteína, SNG, sólidos totales, densidad, crioscopia, agua adicionada, pH, cuenta de células somáticas); μ es la media general; $ZONA_i$ es el efecto fijo de la i-ésima zona de producción (i = baja, alta); $COMUNIDAD(ZONA)_{ij}$ es el efecto fijo de la j-ésima comunidad anidada en la i-ésima zona de producción; $GENOTIPO_k$ es el efecto fijo del k-ésimo genotipo

de la vaca (k = cruza con Suizo, cruza con Holstein, otro); TIPO_DE_ORDEÑO _{l} es el efecto del l -ésimo tipo de ordeño (l = manual, mecánico); FORMA_DE_ORDEÑO _{m} es la m -ésima forma de ordeño (m = con apoyo del becerro, sin apoyo del becerro), SUPLEMENTA _{n} es el efecto fijo de suplementación (n = si, no), y e_{ijklmn} es el error aleatorio $\sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$.

$$Y_{ijkl} = \mu + \text{RANCHO}_i + \text{ORDEÑO}_j + \text{RANCHO} * \text{ORDEÑO}_{ij} + \text{VACA}(\text{RANCHO})_{ik} + e_{ijkl} \quad [2]$$

Donde:

Y_{ijkl} es cada una de las variables de calidad de la leche medidas en el estudio (i.e. grasa, proteína, SNG, sólidos totales, densidad, crioscopia, urea, cuenta de células somáticas); μ es la media general; RANCHO_i es el efecto fijo del i -ésimo rancho ($i = 1, 2, 3$); ORDEÑO_j es el efecto fijo del j -ésimo ordeño ($j = \text{am}, \text{pm}$); $\text{RANCHO} * \text{ORDEÑO}_{ij}$ es el efecto fijo de la interacción rancho por ordeño; $\text{VACA}(\text{RANCHO})_{ik}$ es el efecto aleatorio de la k -ésima vaca anidada en el j -ésimo rancho $\sim \text{NID}(0, \sigma_v^2)$; e_{ijklm} es el error aleatorio $\sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$.

Los resultados se presentan como medias de cuadrados mínimos con sus respectivos errores estándar. La comparación de las medias de cuadrados mínimos de los efectos significativos se llevó a cabo utilizando la prueba de Tukey (SAS, 2002).

5 Resultados y discusión

5.1 Resultados de la primera fase

Los resultados se compararon con los estándares mexicanos de calidad de la leche de la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y la NOM-155-SCFI-2003. En el Cuadro 5 se observan los resultados de los análisis fisicoquímicos, en distribución de frecuencias en leche de mezcla y leche de vacas individuales que se llevó a cabo en la época de lluvias. Se consideraron los factores que cumplen con más del 70% de las muestras de leche, respecto a los estándares de calidad citados. Sólo la densidad y los sólidos totales, en la leche de mezcla, y los SNG, ST, densidad y crioscopia, en la leche de vacas individuales, presentaron distribuciones de frecuencia en las cuales menos del 70% de las muestras de leche cumplieron con los estándares de referencia respectivos.

Cuadro 5. Resultados de las muestras de leche de mezcla y de vacas individuales en la primera fase del estudio (época de lluvias)

Parámetro	Leche de mezcla		Leche de vacas individuales	
	Media	Porcentaje de muestras dentro de norma ¹	Media	Porcentaje de muestras dentro de norma ¹
Grasa	3.36	72.5	3.95	79
Proteína	3.0	98.5	3.0	76
Sólidos no grasos	8.4	75	8.2	30
Sólidos totales	11.79	69	12.3	67
Acidez titulable (°D)	16	76	15.0	74
Densidad	1.0289	45	1.0274	12
Crioscopia (°H)	-0.554	70	-0.555	37
Agua adicionada	1.14	100	4.0	97
pH	6.58	88	ND	ND
CCS ²	227,870	85	118,000	98
Alcohol al 72%		93.05 ³	ND	ND

¹ Con base en la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y la NOM-155-SCFI-2003.

² CCS = Cuenta de células somáticas.

³ = Resultado Negativo, n=374.

ND = No determinado.

5.2 Variables de calidad de la leche

5.2.1 Grasa

Las distribuciones de frecuencia de la Figura 1 muestran que 72.5% de las muestras de leche de mezcla están por arriba del mínimo de 3.0% de grasa, requerido por la norma. Sin embargo, la participación de las muestras según los distintos tipos de calidad refleja que la calificación de clase A de leche sólo lo alcanzan 49.5% de las muestras, 12% alcanzan clase B y 11% clase C. En contraste, el porcentaje de muestras de leche de vacas individuales por arriba del mínimo requerido es ligeramente mayor que el de las muestras de leche de mezcla, con 79%. La distribución de las muestras en los distintos tipos de calidad también es diferente a la de las muestras de leche de mezcla: el porcentaje de muestras que calificaron como clase A fue de 74%, como clase B 1.5% y como clase C 3.5%. Esta comparación indica que en promedio las muestras de leche de vacas individuales fueron superiores a las muestras de leche de mezcla según el contenido de grasa en esta época del año.

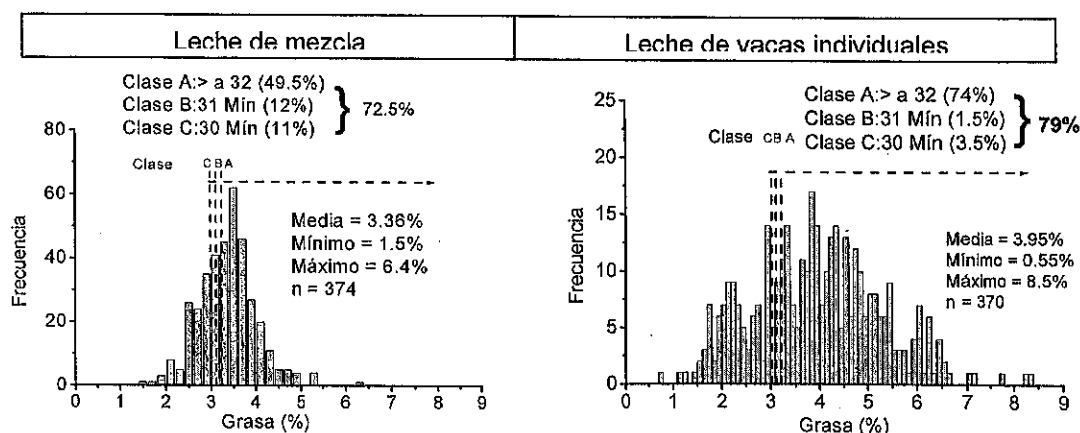


Figura 1. Distribuciones de frecuencia para el contenido de grasa en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2004).

5.2.2 Proteína

La mayoría (98.5%) de las muestras de leche de mezcla están por arriba del mínimo de 2.8% de proteína requerido por la norma (Figura 2). La participación porcentual de las muestras para los distintos tipos de calidad fue de 13.5%, 29.5% y 55.5% para las clases de calidad A, B y C, respectivamente.

En este caso, el porcentaje de muestras de leche de vacas individuales por arriba del mínimo requerido por la norma de proteína es menor que el de las muestras de leche de mezcla, con 76%. La distribución de las muestras de leche de mezcla fue de 15%, 14%, y 47% para las clases de calidad A, B y C, respectivamente. La comparación de leche de mezcla con leche de vacas individuales en cuanto a proteína parece indicar que no hay diferencias importantes entre los dos grupos.

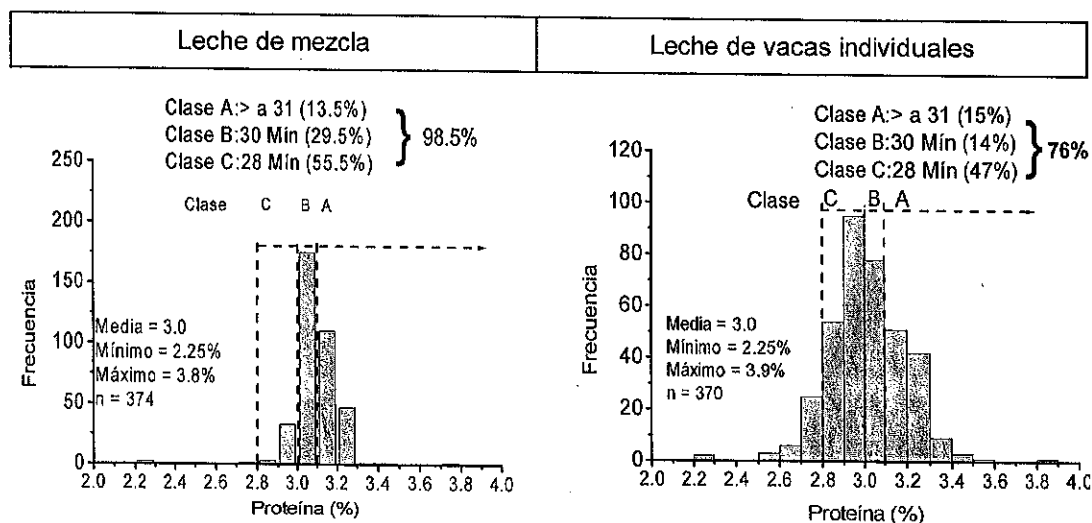


Figura 2. Distribuciones de frecuencia para el contenido de proteína en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2004).

5.2.3 Sólidos no grasos

Las muestras de leche de mezcla presentaron un contenido de SNG en promedio mayor (8.4%) que las de vacas individuales (8.2%). Las distribuciones de frecuencia de la Figura 3 muestran que 75% de las muestras de leche de mezcla estuvieron por arriba del mínimo requerido por la norma de 8.3%, mientras que sólo 30% de las muestras de leche de vacas individuales sobrepasaron este límite. En cuanto a SNG, los análisis nos indican que la leche de mezcla fue mejor que la de vacas individuales.

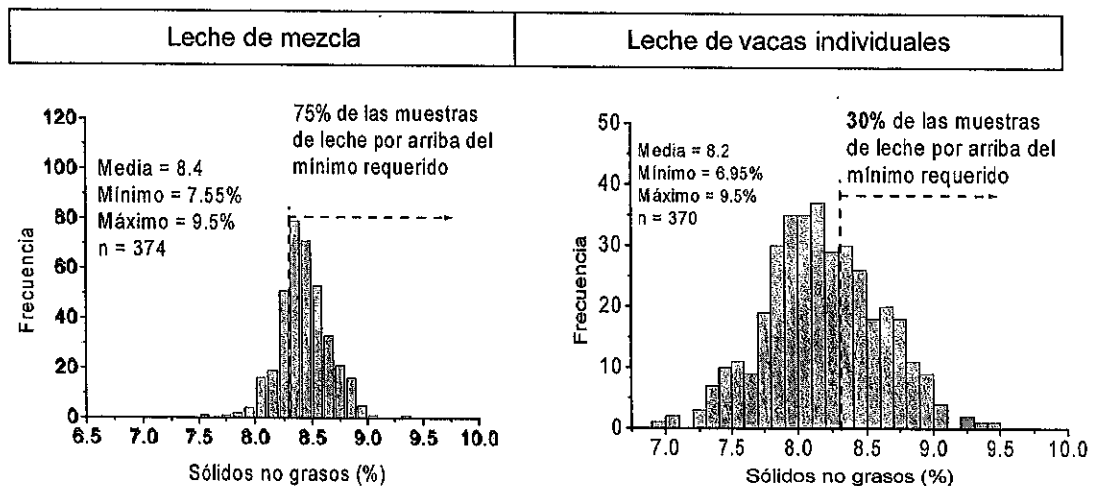


Figura 3. Distribuciones de frecuencia para el contenido de sólidos no grasos en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2004).

5.2.4 Sólidos totales

Las distribuciones de frecuencia para los sólidos totales se presentan en la Figura 4. Aun cuando los porcentajes de muestras de leche de mezcla (69%) y de muestras de leche de vacas individuales (66.5%) que estuvieron por arriba del mínimo requerido por la norma fueron muy similares, el promedio de sólidos

totales fue más alto para las muestras de leche de vacas individuales (12.3%) que el de las muestras de leche de mezcla (11.8%).

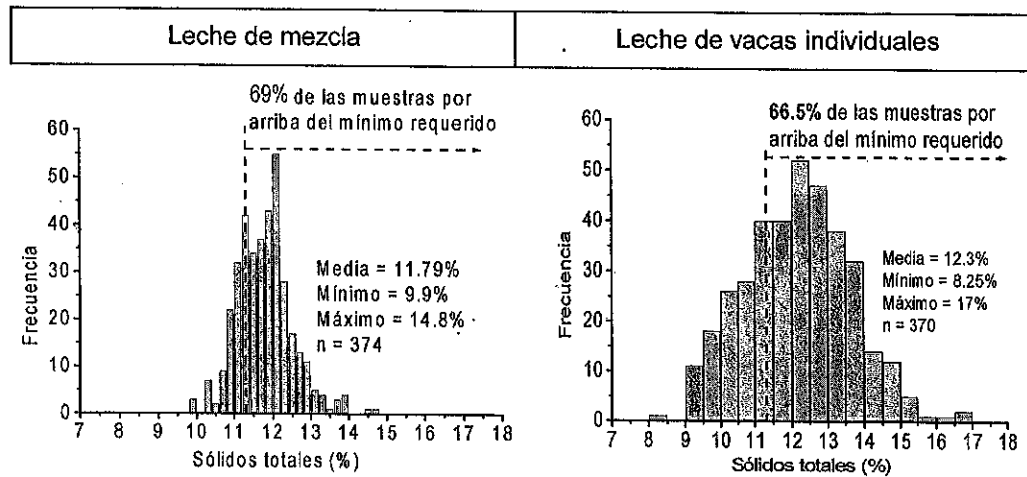


Figura 4. Distribuciones de frecuencia para el contenido de sólidos totales en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2004).

5.2.5 Acidez titulable

Las distribuciones de frecuencia para la acidez titulable muestran porcentajes similares de muestras que caen dentro del rango (13 a 16 °D) especificado por la norma, para las muestras de leche de mezcla (75%) y para las de vacas individuales (73.5%). El promedio de acidez titulable para muestras de leche de mezcla fue ligeramente más alto, con 15.0 °D, que el de las muestras de leche de vacas individuales (14.1 °D). Como un indicador indirecto de contaminación bacteriana, la acidez titulable de las muestras de leche de mezcla fue ligeramente mayor que el de las de vacas individuales (Figura 5).

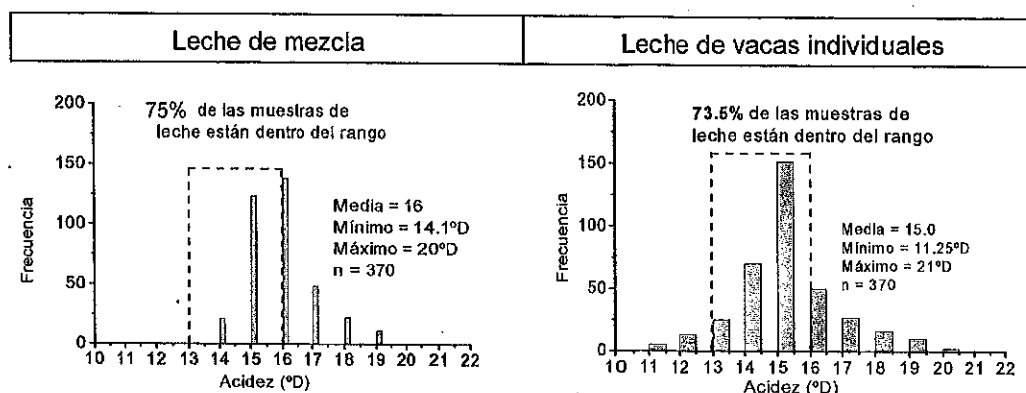


Figura 5. Distribuciones de frecuencia para la acidez titulable (°D) en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2004).

5.2.6 Densidad

Cuarenta y cinco por ciento de las muestras de leche de mezcla están por arriba del mínimo requerido por la norma de 1.029 g/mL de densidad de la leche. El promedio de este grupo de muestras (i.e. 1.028 g/mL) no fue superior al requerido por la norma de 1.029 g/mL. En contraste, sólo un 12% de las muestras de leche de vacas individuales superaron el límite de densidad propuesto en la norma. El promedio de densidad para este grupo de muestras fue de 1.027 (Figura 6).

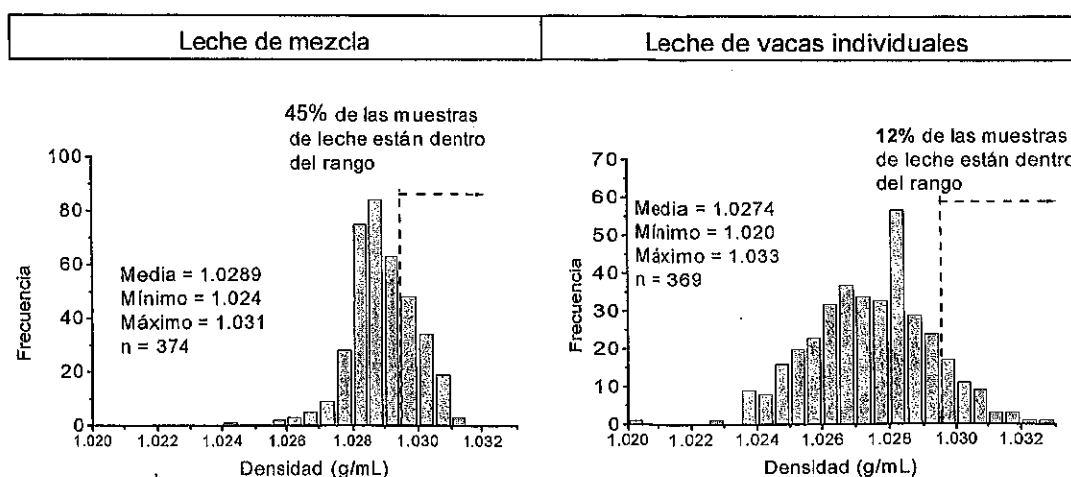


Figura 6. Distribuciones de frecuencia para la densidad (g/mL) de la leche en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2004).

5.2.7 Crioscopia

El índice crioscópico fue medido en Grados Horvet (°H). En concordancia con los resultados para densidad de las muestras de leche de vacas individuales presentados en el apartado anterior, los registros de crioscopia indican que sólo un 37% de las muestras de este grupo estuvo dentro del rango (-0.560 a -0.530 °H) que marca la norma. En contraste, 70% de las muestras de leche de mezcla cayeron dentro del rango especificado (Figura 7).

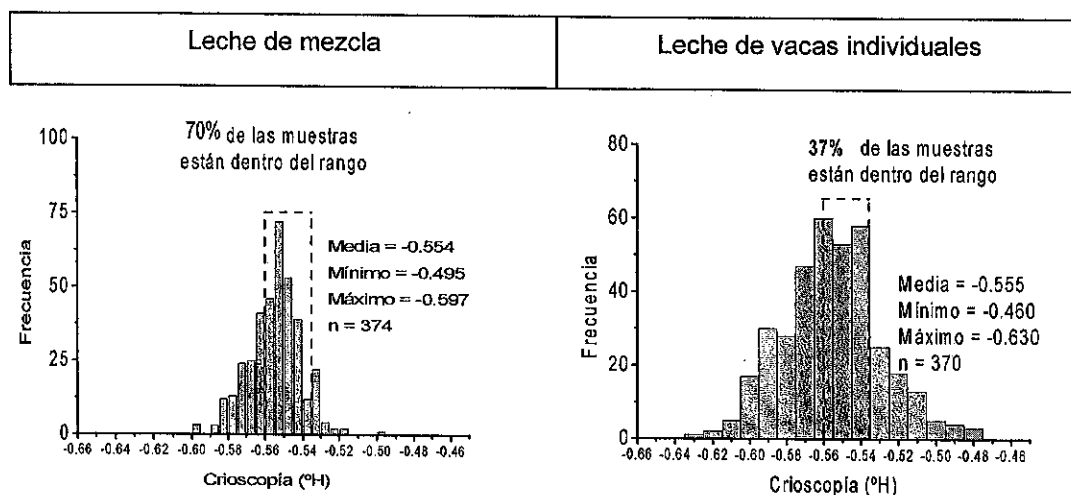


Figura 7. Distribuciones de frecuencia para la crioscopia (°H) de la leche en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2004).

5.2.8 Agua adicionada

Las distribuciones de frecuencia para el porcentaje de agua adicionada en la leche indican que la totalidad de las muestras de leche de mezcla estuvieron por debajo del límite máximo de 12% especificado en la documentación del aparato de análisis (EKOMILK-M) como el nivel en que la leche puede ser adulterada por la adición de agua. En el caso de las muestras de leche de

vacas individuales, 97% de éstas presentaron valores por debajo del límite máximo. En promedio el porcentaje de agua adicionada fue de 1.14% y 4.0% para las muestras de leche de mezcla y de vacas individuales, respectivamente (Figura 8).

La presencia de algunos registros con agua adicionada por arriba de 12% (especialmente para las muestras de leche de vacas individuales) no necesariamente implica que se les adicionó agua a éstas. En el rancho de donde se tomaron las muestras el ordeño es mecánico, con ayuda de oxitocina, y muy probablemente estos registros altos en agua se deban a ordeño incompleto por una 'bajada' deficiente de la leche de las vacas.

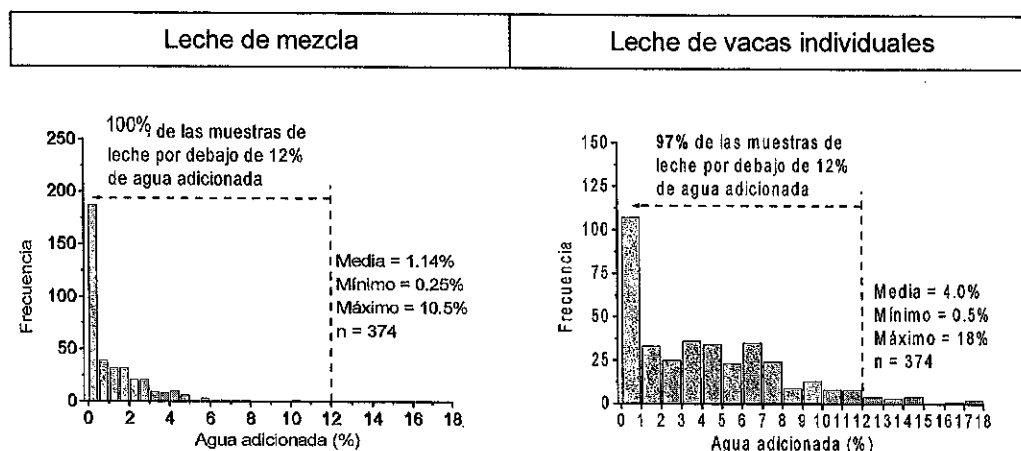


Figura 8. Distribuciones de frecuencia para la cantidad de agua adicionada (%) en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2004).

5.2.9 pH

La determinación del pH de la leche se llevó a cabo utilizando medidores digitales portátiles. La medición se llevó a cabo en el momento de recibir la

leche en el centro de acopio, y sólo se efectuó en las muestras de leche de mezcla. En general, la mayoría (88%) de las muestras de leche de este grupo estuvieron en el rango (6.5 a 6.7) normal de pH de la leche (Figura 9).

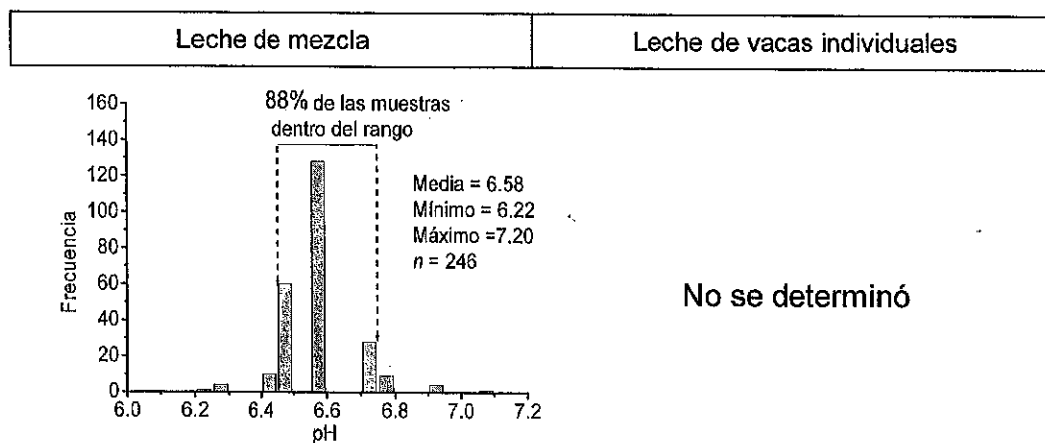


Figura 9. Distribuciones de frecuencia para pH en muestras de leche de mezcla (Fuente: Investigación de campo 2004).

5.2.10 Cuenta de células somáticas (CCS)

En la clase 1 de calidad de la leche se ubicó el 85% de las muestras de leche de mezcla, mientras que en esa misma clase aparecieron el 98% de las muestras de leche de vacas individuales (Figura 10). Los promedios de CCS fueron de 227,870 y 118,000 para muestras de leche de mezcla y de vacas individuales, respectivamente. La CCS promedio más alta para la leche de mezcla, indica que la reducción de ésta en la leche proveniente de las unidades de producción de los proveedores de APROLAC de Macuspana S.A. de C.V. es una de las principales áreas de mejora de la calidad de la leche.

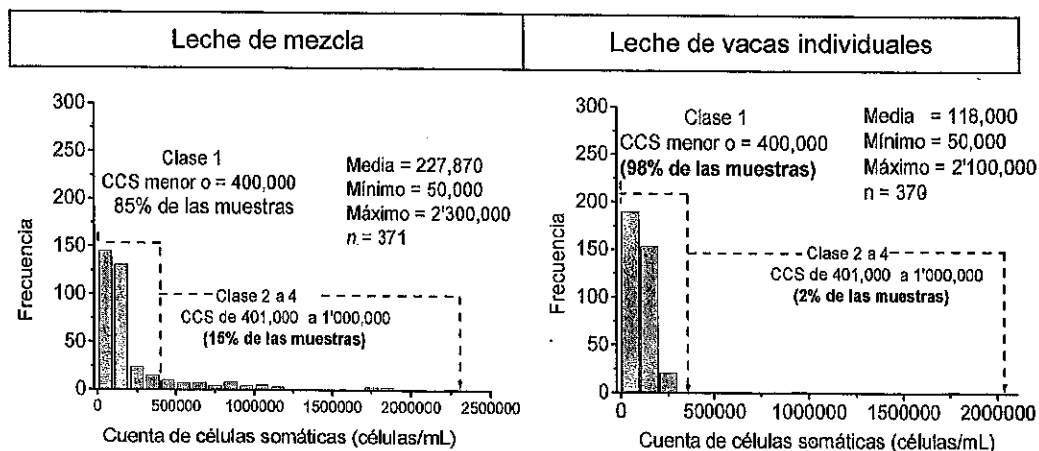


Figura 10. Distribuciones de frecuencia para el recuento de células somáticas (células/mL) en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2004).

5.2.11 Acidez al alcohol al 72%

La prueba de acidez al alcohol al 72% en leche sólo se determinó en las muestras de leche de mezcla. La medición se llevó a cabo en el momento de recibir la leche en los centros de acopio de la empresa APROLAC de Macuspana S.A. de C.V. En general, la mayoría (93.05%) de las muestras de leche de este grupo fueron negativo (Fig. 11).

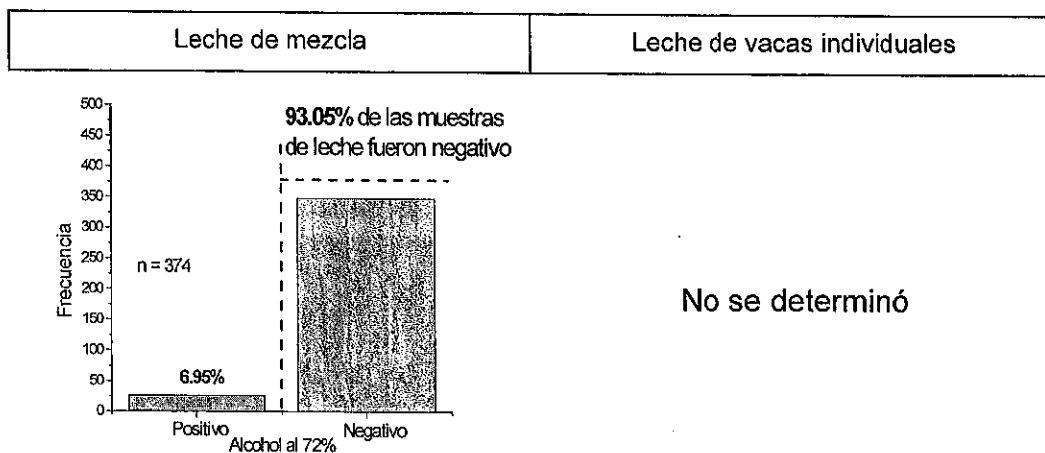


Figura 11. Distribuciones de frecuencia para acidez al alcohol al 72% en muestras de leche de mezcla (Fuente: Investigación de campo 2004).

De acuerdo a Horne y Parker, 1981, citado por Molina, González, Brito, et al, 2001, al utilizar una mayor concentración de etanol en la prueba, se producirá una mayor desestabilización de las proteínas, por la modificación de la constante dieléctrica del medio, modificando así la carga de las proteínas. Un descenso en la constante dieléctrica produce una disminución en la repulsión de dos cargas análogas, provocando la coalescencia de las proteínas. Además, determinaron que a mayor contenido de Ca^{+2} en la leche se produce menor termoestabilidad por alteraciones del balance salino de ella.

Los recuentos elevados de células somáticas producirán una menor termoestabilidad de la leche, además en la mastitis se produce alteración del contenido de minerales, disminución de calcio total y aumento de cloruros y sodio produciendo cambios importantes en la calidad de la leche. En éste caso no afectando la cuenta de células somáticas a la prueba de alcohol al 72%.

En el Cuadro 6 se presentan los estadísticos descriptivos de calidad de la leche de mezcla y de vacas individuales provenientes de explotaciones de ganado bovino de doble propósito en el estado de Tabasco durante la época de lluvias.

Cuadro 6. Estadísticos descriptivos para variables de calidad de la leche de mezclas y de vacas individuales en explotaciones de ganado bovino de doble propósito en el estado de Tabasco durante la primera fase (época de lluvias)

Variable	N ¹	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Leche de Mezcla						
Volumen Cantara	358	32.46	2.00	2004.00	110.18	339.34
Grasa	374	3.36	1.50	6.40	0.64	19.12
SNG ²	374	8.42	7.55	9.50	0.22	2.61
ST ³	374	11.79	9.90	14.80	0.72	6.10
Densidad	374	1.028	1.024	1.031	0.00	0.09
Agua	374	1.14	0.25	10.50	1.53	134.12
Crioscopia	374	-0.554	-0.495	-0.597	0.01	-2.56
Proteína	374	3.09	2.25	3.80	0.11	3.57
CCS	371	227,870	50,000	2,300,000	321,342	141.01
Leche de vacas individuales						
Volumen Cantara	367	7.64	1.50	1104.00	57.41	751.07
Grasa	370	3.95	0.55	8.50	1.31	33.24
SNG	370	8.20	6.95	9.50	0.48	5.89
ST	370	12.30	8.25	17.00	1.51	12.46
Densidad	370	1.027	1.020	1.033	0.00	0.21
Agua	370	4.00	0.5	18.00	4.04	47.42
Crioscopia	370	-0.555	-0.460	-0.630	0.02	-5.10
Proteína	370	3.02	2.25	3.90	0.15	4.65
CCS	367	118,000	50,000	2,100,000	251,856	83.87

¹N = número total de Muestras.

²NG = Sólidos no grasos.

³ST = Sólidos totales.

⁴CCS = Cuenta de células somáticas.

5.3 Estimación del potencial productivo

5.3.1 Efecto del doble ordeño en producción de leche

El efecto del doble ordeño se evaluó comparando las distribuciones de frecuencia para producción de leche por vaca por día de ordeño que se obtuvieron de los datos de la encuesta a los 195 proveedores de APROLAC de Macuspana S.A. de C.V., los cuales se compararon con el registro de producción de leche de los dos ordeños en el Rancho La Carolina en el mismo periodo. Con un ordeño al día, las vacas propiedad de los productores de APROLAC de Macuspana S.A. de C.V registraron una producción promedio

de 3.9 litros por vaca por día de ordeño, que fue poco menos de la mitad de lo que se obtuvo en el rancho con doble ordeño (Figura 12). A partir de este hallazgo podemos sugerir que la producción de leche por vaca por día de ordeño en el ganado de los productores de APROLAC de Macuspana S.A. de C.V se puede llegar a duplicar.

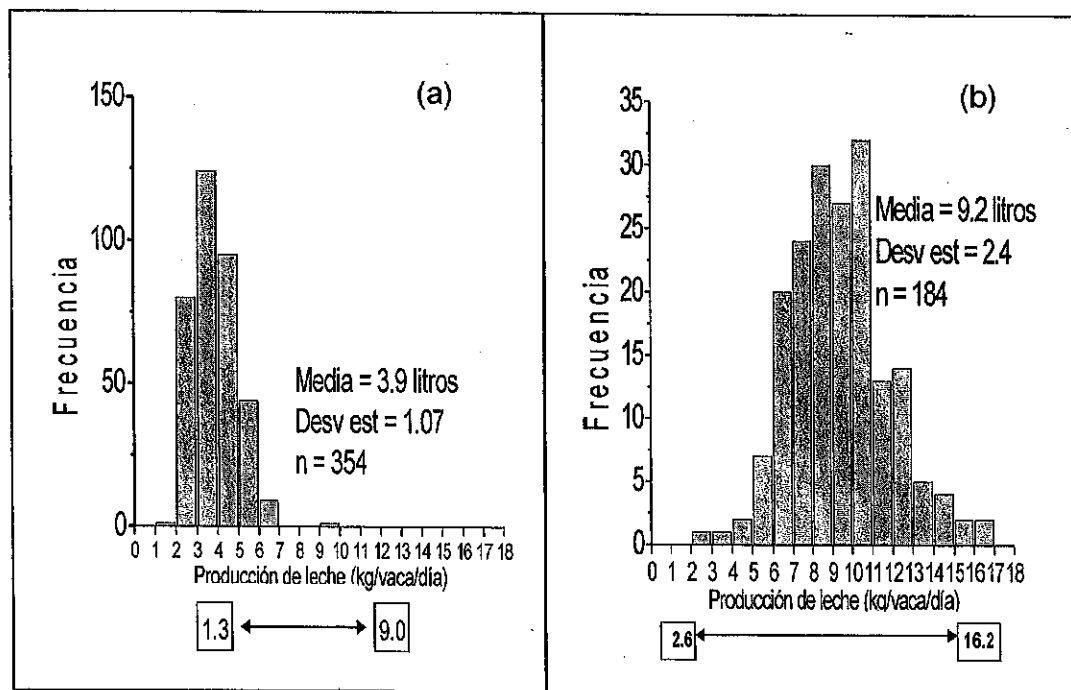


Figura 12. Distribución de frecuencia para la producción de leche por vaca por día de ordeño (un ordeño al día) en las unidades de producción de los proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. (a) y para las vacas del Rancho La Carolina (b) ordeñadas dos veces al día (Fuente: investigación de campo, 2004)

5.3.2 Potencial de producción de leche estimado para APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.

La estimación del potencial de producción de leche de las empresas que conforman el del grupo de productores socios de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. se llevó a cabo conjuntando información del número de

productores y su inventario ganadero; la composición del hato, y la producción estimada de leche por vaca por día de ordeño y por lactancia.

Los 270 productores que proporcionaron registros de inventario y composición del hato poseen en conjunto 10,300 cabezas de bovinos, de las cuales el 52% son vacas (i.e. 5,536 cabezas). De éstas se estimó un total de 3,375 (63%) vacas en producción y 2,261 (37%) secas. Con una producción diaria de leche de cuatro litros en un ordeño y 950 litros de leche en una lactancia de ocho meses, se estimaron producciones de 13,500 y 3'200,000 litros de leche por día y por año, respectivamente. También se realizó una estimación del potencial de producción de estas unidades de producción, considerando dos ordeños y los promedios obtenidos para producción de leche por vaca por día y por lactancia en el Rancho La Carolina. Bajo esta consideración, la producción estimada fue el doble de la calculada con los datos de un solo ordeño, lo que sitúa a estos valores como el potencial de producción de leche que de manera conjunta pueden alcanzar estos productores (Figura 13).

En la práctica, ciertos factores resultan poco o nada modificables por el productor (momento de la lactancia o estado fisiológico, fotoperíodo), mientras que otros, como la alimentación, la sanidad y la genética, pueden ser manipulados (Comeron, 2004).

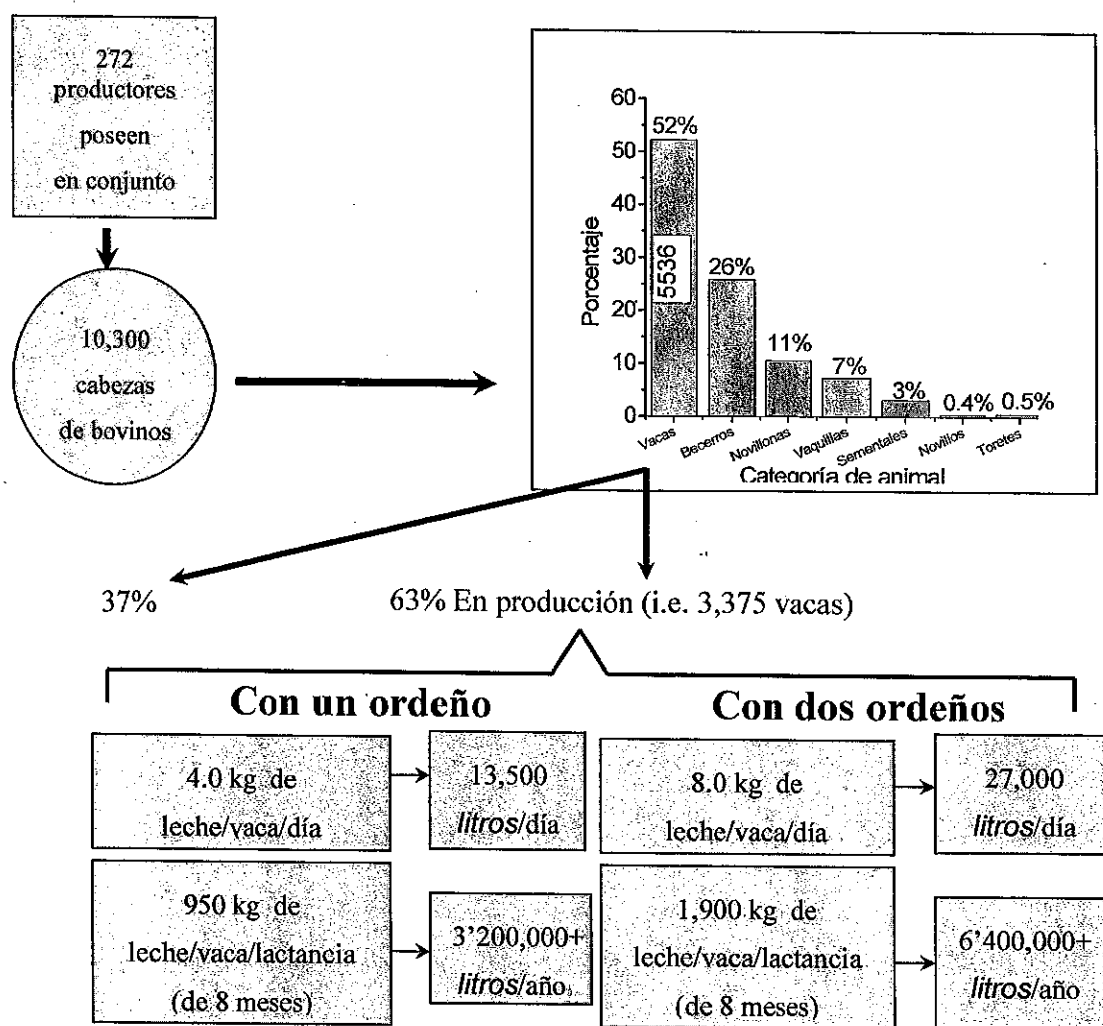


Figura 13. Estimación del potencial conjunto de producción de leche de las unidades de producción de los proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. (Fuente: investigación de campo, 2004)

5.4 Factores que afectan la calidad de la leche de mezcla

Los resultados del análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas se presentan a continuación:

5.4.1 Efectos sobre la grasa

La comunidad donde se ubica la unidad de producción, el tipo de ordeño y la presencia o ausencia del apoyo del becerro para ordeñar fueron los factores

que afectaron el contenido de grasa de las muestras de leche de mezcla. La mayor concentración de grasa en leche se obtuvo de muestras provenientes de vacas que se ordeñaron a mano y sin el apoyo del becerro (Figura 14).

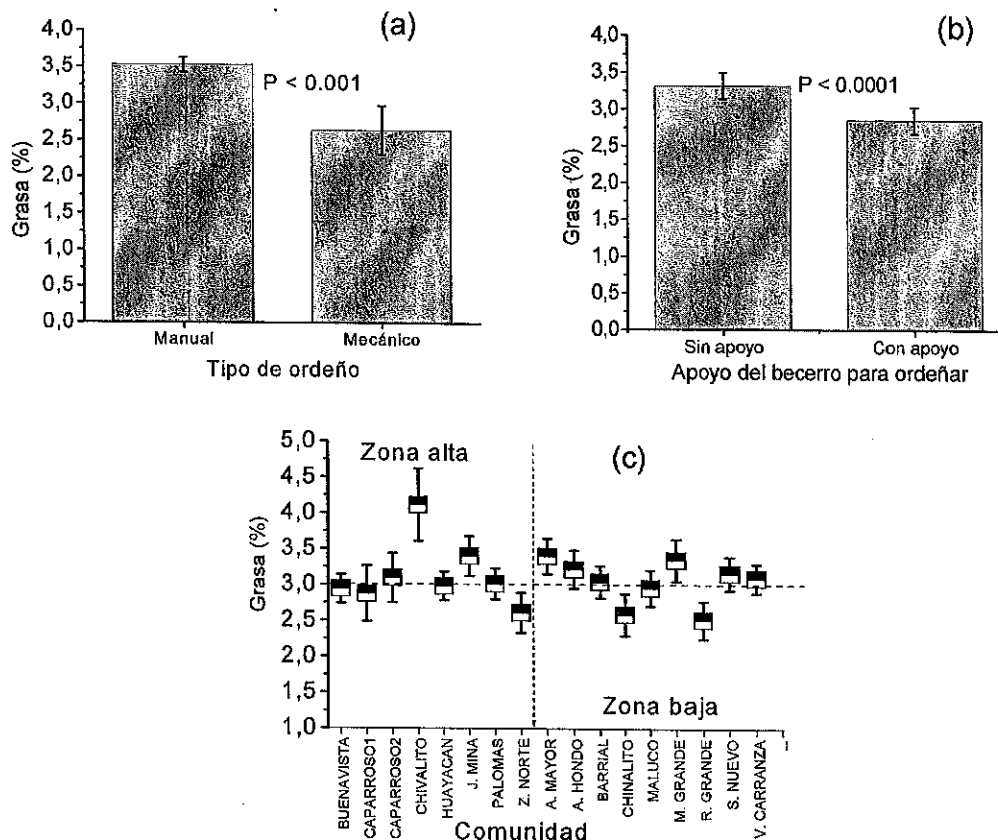


Figura 14. Efecto del tipo de ordeño (a), forma de ordeño (b) y comunidad donde se ubica la unidad de producción (c) sobre el contenido de grasa en muestras de leche de mezcla de la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. (Fuente: Investigación de campo, 2004).

De acuerdo con Tesorero *et al.* (2002), en los sistemas de doble propósito se alteran los tiempos de amamantamiento y ordeña con mucha frecuencia, afectando las fracciones de leche vendible y consumida por el becerro y sus contenidos de grasa. Estos autores, reportan que la ausencia de estímulo del

becerro al comienzo del ordeño reduce considerablemente la proporción de leche y su contenido de grasa, lo cual no concuerda con lo obtenido en el presente estudio.

Bear (1991) señala que es necesario un profundo estudio de la composición de la grasa láctea, ya que la relación de los ácidos grasos de cadena larga y corta en el triacilglicérido hace variar su punto de fusión, afectando las características reológicas de los productos comerciales, tales como la untabilidad y dureza de la mantequilla.

Entre los factores que causan variaciones naturales en la composición de los ácidos grasos, se pueden mencionar la alimentación, raza, estacionalidad y período de lactancia, entre otras causales (Lomascolo *et al.*, 1994; Papalois *et al.*, 1996; Pinto, 2001).

5.4.2 Efectos sobre la proteína y los sólidos no grasos

La concentración de proteína y SNG en las muestras de leche sólo se afectaron por la comunidad donde se ubica la unidad de producción. Para el caso de la proteína, las concentraciones más bajas correspondieron a dos comunidades de la zona alta (Chivalito y Zopo Norte) y una de la zona baja (Monte Grande). El resto de las comunidades presentó valores promedio de proteína en la leche entre en el rango de 3.0 y 3.2% (Figura 15a). Para el caso de los SNG, la mayor concentración se obtuvo en las muestras de leche de la comunidad de Caparroso 2ª sección, y la más baja en las de Chivalito. El resto de las

comunidades presentó valores promedio que variaron en un rango de 8.2 a 8.5 % (Figura 15b).

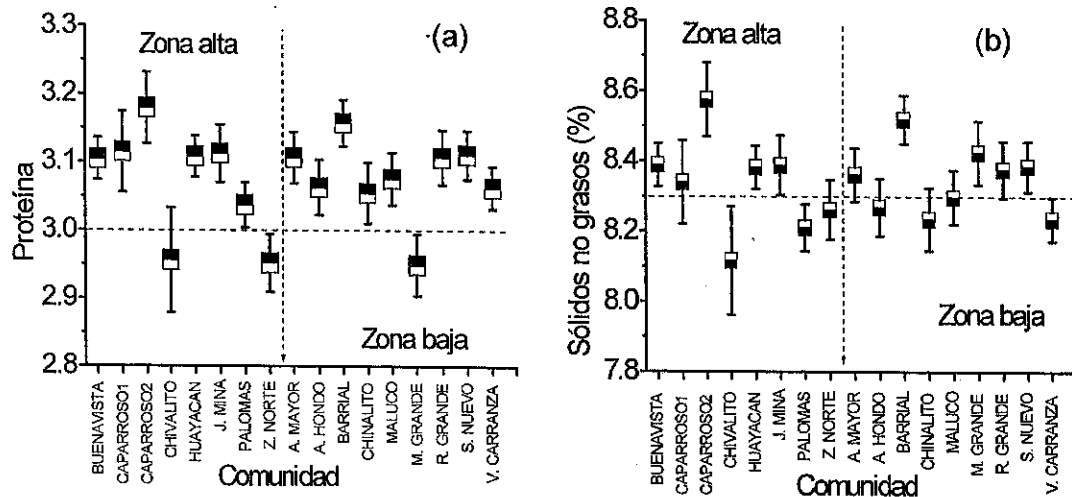


Figura 15. Efecto de la comunidad donde se ubica la unidad de producción sobre el contenido de proteína (a) y de sólidos no grasos (b) en muestras de leche de mezcla de la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. (Fuente: investigación de campo, 2004).

5.4.3 Efectos sobre los sólidos totales

El patrón de efectos sobre los sólidos totales fue el mismo que se obtuvo para el contenido de grasa. Las muestras con mayor concentración promedio de sólidos totales fueron aquellas obtenidas con ordeño manual y sin el apoyo del becerro. Con excepción de una comunidad (Zopo Norte), las muestras de leche de las demás comunidades de la Zona Alta estuvieron por arriba del mínimo de 11.3% de sólidos totales. En la Zona Baja, las muestras de leche de dos comunidades (Chinalito y Ramón Grande) estuvieron por debajo del límite (Figura 16).

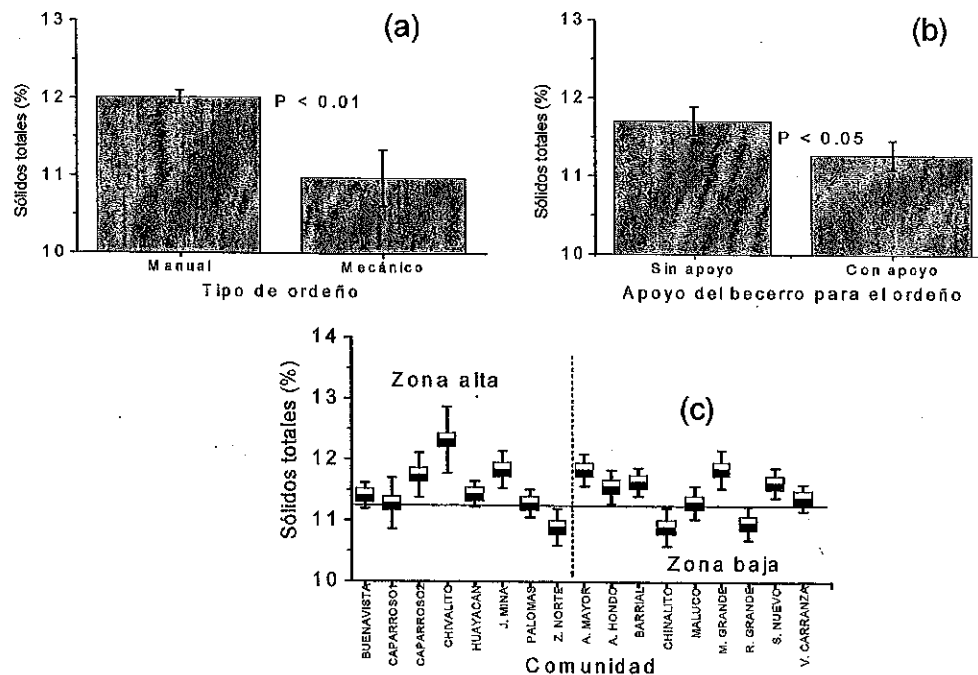


Figura 16. Efecto del tipo de ordeño (a), forma de ordeño (b) y comunidad donde se ubica la unidad de producción (c) sobre el contenido de sólidos totales en muestras de leche de mezcla de la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. (Fuente: investigación de campo, 2004)

El consumo total de alimentos por parte de la vaca es el factor individual de mayor impacto en producción de leche, con autores que han encontrado que en extensas revisiones de experimentos, el 67% de la variación encontrada es atribuible al consumo (Acosta, 2002).

Desde el punto de vista de la composición de la leche, a igualdad de características propias del animal, como su estado fisiológico y otras características que afectan su predisposición a la producción, la cantidad de leche sintetizada por la glándula mamaria dependerá de la concentración de precursores provistos por el flujo sanguíneo, de la eficacia de su captación y de las tasas de síntesis de los componentes principales (Acosta, 2002).

5.4.4 Efectos sobre la acidez titulable

La acidez titulable promedio se mantuvo dentro del rango de 13 a 16 °D especificado por la norma (Figura 17). Las muestras provenientes de la zona baja y las de unidades de producción donde se proporcionó alimento suplementario al ganado presentaron promedios de acidez titulable más altos que sus contrapartes de la zona alta y (Figura 17a) donde el ganado no recibió suplementos (Figura 17b). Aun cuando los promedios de acidez titulable calculados para las muestras de leche de cada una de las comunidades no se salieron del rango especificado, los promedios de las comunidades de la zona baja presentaron una clara tendencia a ser más altos que los correspondientes de las de la zona alta (Figura 17c).

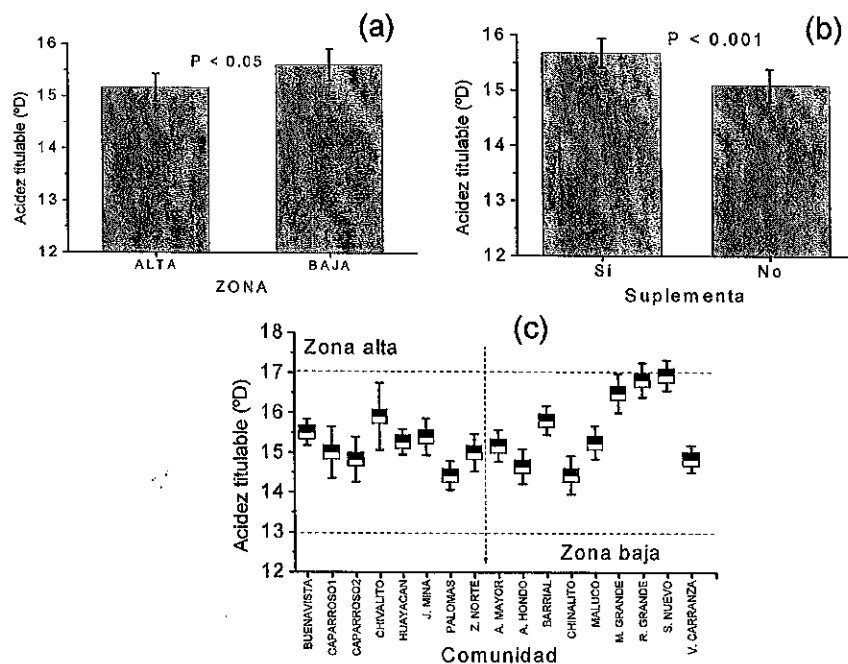


Figura 17. Efecto de la zona de producción (a), suplementación (b) y comunidad (c) sobre la acidez titulable de muestras de leche de mezcla de las unidades de producción de los proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. (Fuente: investigación de campo, 2004)

5.4.5 Efectos sobre la densidad

La densidad de las muestras de leche provenientes de explotaciones donde se utiliza el apoyo del becerro para la 'bajada' de la leche fue más alta que las que ordeñaron sin apoyo del becerro (Figura 18a). La densidad promedio de las muestras de leche ordenadas por comunidad de procedencia estuvo, en todos los casos, por debajo del límite inferior de 1.0295 g/mL especificado en la norma (Figura 18b).

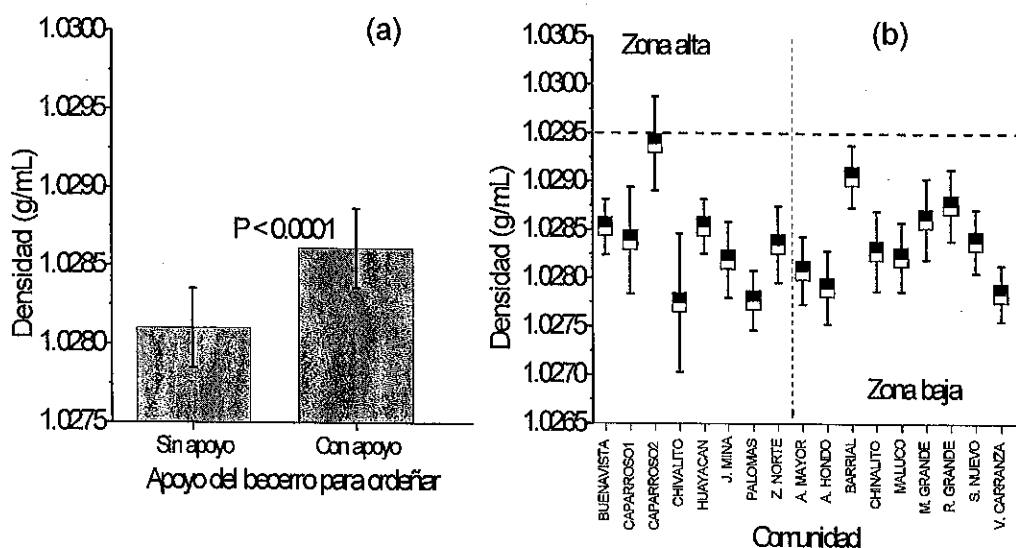


Figura 18. Efecto de la forma de ordeñar (a) y la comunidad (b) donde se ubica la unidad de producción sobre la densidad de muestras de leche de mezcla de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. (Fuente: investigación de campo, 2004)

5.4.6 Efectos sobre la crioscopia y la concentración de agua adicionada

Las lecturas de crioscopia y agua adicionada en las muestras de leche de mezcla sólo fueron afectadas por la comunidad donde se ubica la unidad de producción (Figura 19). Con excepción de la comunidad de Caparroso 2, en la zona alta, que estuvo por arriba del límite superior de crioscopia, y la de Barrial,

en la zona baja, que estuvo en el límite, los promedios de crioscopia de las demás comunidades se ubicaron dentro del rango especificado por la norma.

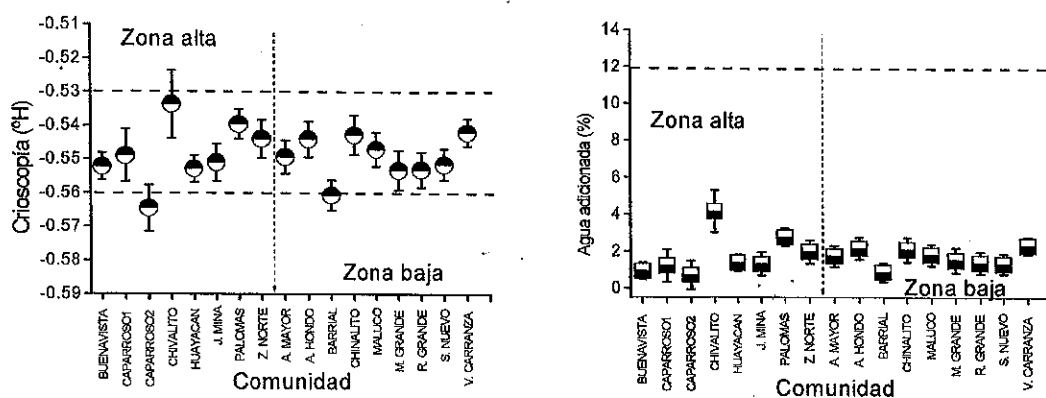


Figura 19. Efecto de la comunidad donde se ubica la unidad de producción sobre la crioscopia (°H) el contenido de agua adicionada en muestras de leche de mezcla de la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. (Fuente: investigación de campo, 2004)

En el caso de agua adicionada, todas las comunidades presentaron promedios muy por debajo del 12% que considera la documentación del EKOMILK-M como una lectura realmente adulterada con agua (EKOMILK-M, 2003).

5.4.7 Efectos sobre el pH de la leche

La zona de producción, el genotipo de la vaca y la comunidad donde se ubica la unidad de producción tuvieron un efecto importante sobre el pH de la leche de las muestras de leche de mezcla. El pH de las muestras de leche de la zona baja fue más alto que el de las de la zona alta (Figura 20a); del mismo modo, el pH de las muestras de leche de mezcla donde el genotipo predominante correspondió a la categoría 'otros' fue más alto que el de los genotipos con cruza de Holstein o Suizo (Figura 20b). El pH de las muestras de leche de las comunidades ubicadas en la zona alta se mantuvo dentro del rango normal. Sin

embargo, los promedios de pH de la leche para algunas de las comunidades de la zona baja estuvieron por arriba (comunidad de Chinalito), por debajo (comunidad de Monte Grande) o en el límite superior (comunidades de Alcalde Mayor, Arroyo hondo y Maluco) del rango especificado de pH (Figura 20c).

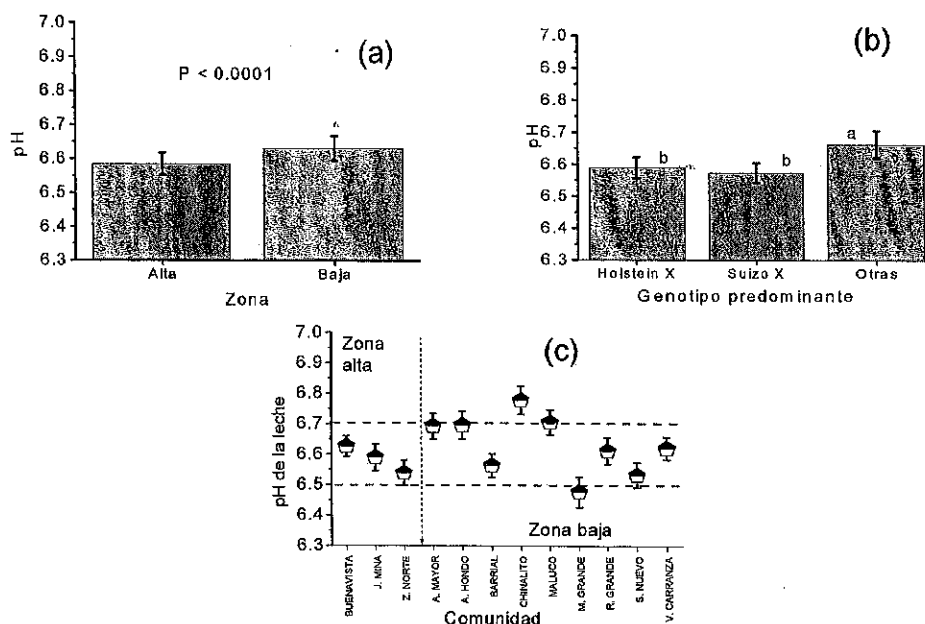


Figura 20. Efecto de la zona de producción (a), el genotipo predominante (b) y la comunidad donde se ubica la unidad de producción (c) sobre el pH de la leche en muestras de leche de mezcla de la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. (Fuente: investigación de campo, 2004)

4.4.8 Efectos sobre la cuenta de células somáticas

La cuenta de células somáticas sólo fue afectada por la forma en que se ordeña el ganado y por la comunidad donde se ubica la unidad de producción. Las muestras provenientes de unidades de producción donde se ordeñó con el apoyo del becerro presentaron promedios más bajos de la CCS que las que se ordeñaron sin apoyo (Figura 21a). Este resultado favorable al uso del becerro para apoyar en la 'bajada' de la leche se puede deber al 'escurrido' a fondo que

éste realiza durante el amamantamiento que recibe después de haber terminado el ordeño. Otro factor que puede estar contribuyendo a la baja cuenta de células somáticas de las vacas que se ordeñan con el apoyo del becerro es el efecto de la saliva que éste deja en las tetas cuando termina de amamantarse, la cual actúa como un 'sellador' post-ordeño.

En general, los promedios de CCS para las muestras de leche de mezcla de las comunidades de la zona alta fueron inferiores al límite máximo de 400,000 células/mL de leche que requiere la clase 1 de calidad de la leche. En contraste, en la zona baja los promedios de las muestras de leche de mezcla de dos comunidades (Chinalito y Monte Grande) estuvieron en el límite y uno (comunidad de Sitio Nuevo) muy por encima de éste (Figura 21b).

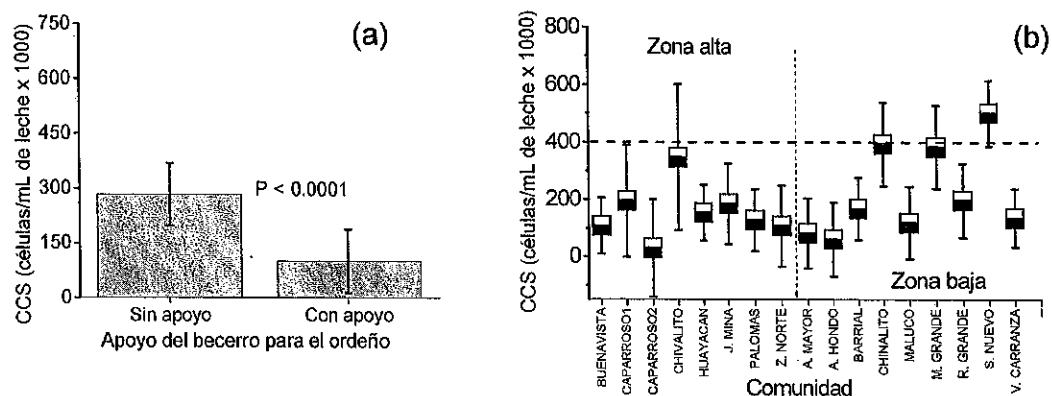


Figura 21. Efecto de la forma de ordeñar (a) y la comunidad (b) donde se ubica la unidad de producción sobre la cuenta de células somáticas de muestras de leche de mezcla de la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V. (Fuente: investigación de campo, 2004)

Goldberg et al. (1992) evaluaron la calidad de la leche y salud de la ubre de vacas lecheras manejadas en cada uno de tres sistemas de producción:

confinamiento total, pastoreo intensivo rotacional, y pastoreo continuo tradicional. La cantidad de unidades formadoras de colonias de microorganismos por mL de leche fue mayor para las vacas de los hatos en confinamiento y no se observaron diferencias ($P > 0.15$) en la CCS para los tres sistemas. La diferencia más importante que mostró el estudio fue que la CCS fue menor en la leche de las vacas manejadas en pastoreo intensivo cuando se utilizó un sellador postordeño, comparado con el mismo sistema sin la aplicación del sellador.

Los sistemas de manejo de los animales pueden ser una razón muy importante en las CCS, Goldberg *et al.* (1992), reportaron una menor incidencia de patógenos medioambientales sobre las puntas de los pezones de vacas en pastoreo que en vacas estabuladas. Esto sugiere un riesgo mayor de exposición a patógenos medioambientales en sistemas estabulados, mientras en sistemas de pastoreo la contaminación bacteriana de las tetas es mucho menor (Giannechini *et al.*, 2000). No obstante condiciones de barro sobre las pasturas en áreas donde los animales son congregados, como por ejemplo en las instalaciones alrededor de la sala de ordeño a la hora del ordeño, pueden contribuir significativamente en el incremento de la mastitis medioambiental durante la temporada de lluvias. En este caso el sistema de producción para leche de mezcla y leche de vacas individuales es totalmente de pastoreo durante todo el año.

5.5 Resultados de la segunda fase

Al igual que los resultados de la primera etapa, estos se compararon con los estándares mexicanos de la calidad de la leche de la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y la NOM-155-SCFI-2003. En el Cuadro 6 se observan los resultados de los análisis fisicoquímicos, en distribución de frecuencias en leche de mezcla y leche de vacas individuales que se llevó a cabo en la época de seca. Se consideraron los factores que cumplieron con más del 70% de las muestras de leche, respecto a los estándares de calidad. Sólo la densidad y la crioscopía en la leche de mezcla; y la lactosa, la densidad, y la crioscopía en la leche de vacas individuales, presentaron distribuciones de frecuencia en las cuales menos del 70% de las muestras de leche cumplieron los estándares de referencia respectivos.

Cuadro 7. Resultados de las muestras de leche de mezcla y de vacas individuales en la segunda fase del estudio (época de seca)

Parámetro	Leche de mezcla		Leche de vacas individuales	
	Media	Porcentaje de muestras dentro de norma ¹	Media	Porcentaje de muestras dentro de norma ¹
Grasa	3.85	87.2	3.6	70
Proteína	3.4	97.3	3.2	82
Lactosa	4.5	85.5	4.4	69.5
Caseína	2.7	99	2.5	99
Proporción de caseína en la proteína	0.78	99.5	0.78	98.6
Sólidos no grasos	8.8	90	8.6	70.5
Sólidos totales	12.9	97.3	12.15	71.1
Densidad	1.0296	55.7	1.030	61.1
Crioscopía (°H)	-0.574	24	-0.556	30.1
CCS ²	179,081	94	150,043	92
Urea ³	ND	ND	0.035	99.5

¹ Con base en la NMX-F-700-COFOCALEC-2004 y la NOM-155-SCFI-2003.

² CCS = Cuenta de células somáticas.

³ ND = No determinado en el análisis respectivo.

5.6 Variables de calidad de la leche

5.6.1 Grasa

Más del 87% de las muestras de leche de mezcla y 70% de las de vacas individuales presentaron contenidos de grasa por arriba del mínimo requerido por la norma. En ambos casos la proporción de muestras clasificadas como clase A fue la más alta (72% y 57% para leche de mezcla y de vacas individuales, respectivamente) de las tres categorías de calidad de leche (Figura 22).

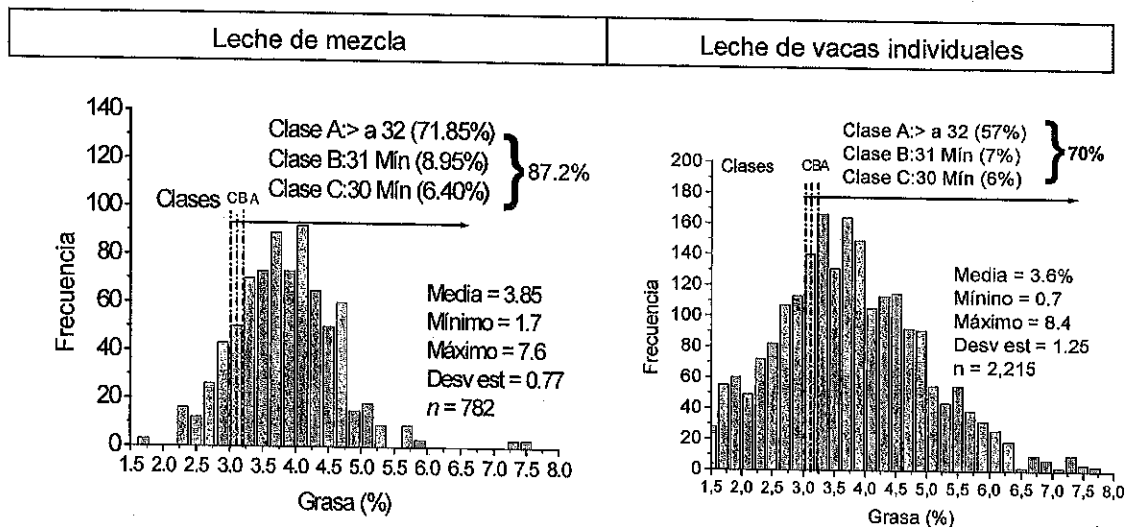


Figura 22. Distribuciones de frecuencia para el contenido de grasa en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

5.6.2 Proteína

Al igual que en los resultados de la primera fase (98.5% de las muestras), en la segunda fase la mayoría (97.3%) de las muestras de leche de mezcla están por arriba del mínimo de 2.8% de proteína requerido por la norma. En este último caso, sin embargo, una mayor proporción de las muestras (80%) se clasificaron

como de calidad A. Para el caso de las muestras de leche de vacas individuales el porcentaje de muestras que estuvo por arriba del mínimo requerido por la norma (78.2%) fue ligeramente más alto que el 76% obtenido para este mismo grupo de muestras durante la primera fase. Además, comparado con la primera fase (15% de las muestras como clase A) en la segunda fase aumentó la participación porcentual (57%) las muestras de leche que se clasificaron como clase A (Figura 23).

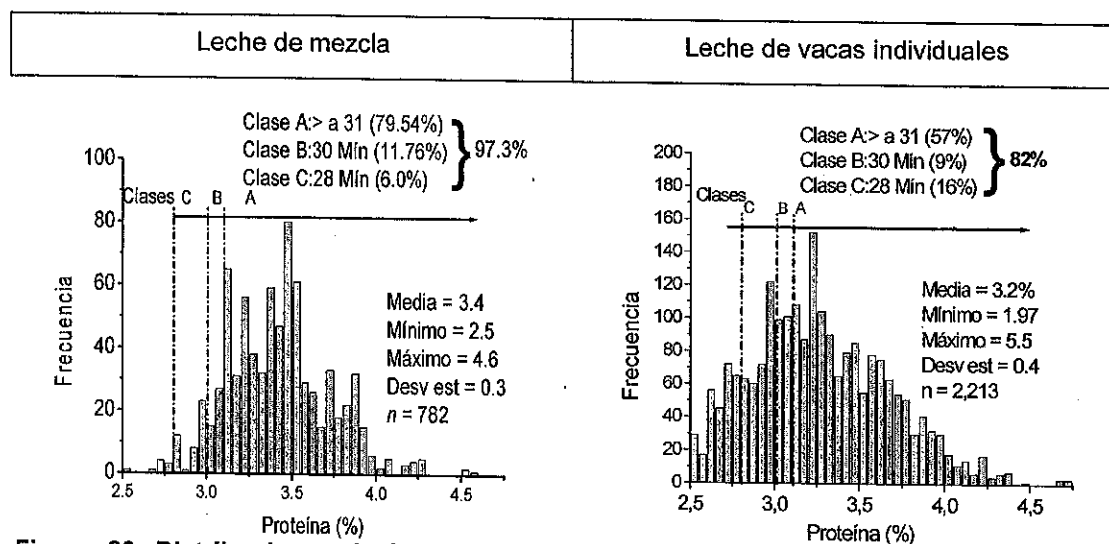


Figura 23. Distribuciones de frecuencia para el contenido de proteína en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

5.6.3 Lactosa

Este componente sólo se determinó en la segunda fase del estudio. Las distribuciones de frecuencia para muestras de leche de mezcla y de vacas individuales se presentan en la Figura 24. Una mayor proporción de las muestras de leche de mezcla (85.5%) que de las de vacas individuales (69.5%) estuvieron dentro del rango de 4.3 a 5.0%, especificado por la norma.

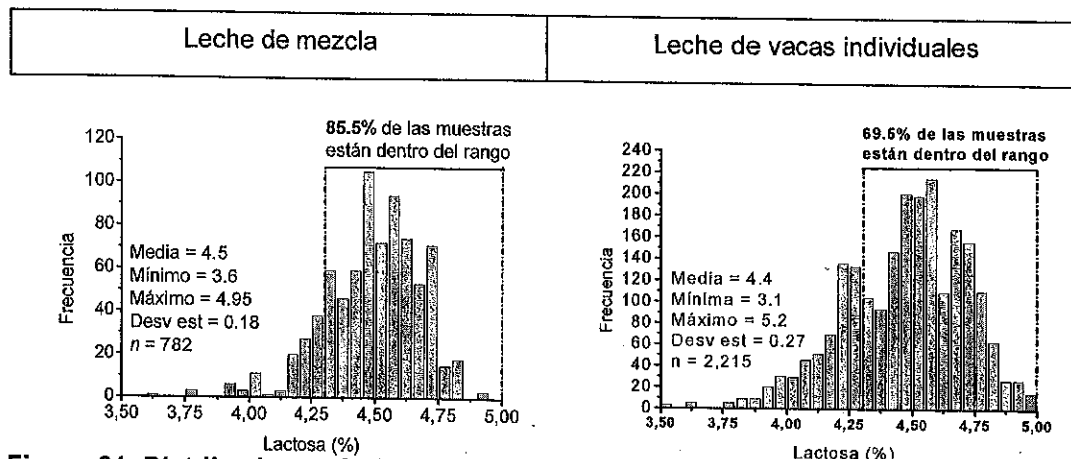


Figura 24. Distribuciones de frecuencia para el contenido de lactosa en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

5.6.4 Caseína

Al igual que el contenido de lactosa, el contenido de caseína sólo se determinó en la segunda fase del estudio. La determinación de este componente es importante por su relación con el rendimiento de la leche para la elaboración de queso. Las distribuciones de frecuencia para la concentración de caseína en los dos tipos de muestras que se analizaron en el estudio se presentan en la Figura 25. La calidad de la leche en este componente es evidente, ya que 99% de las muestras de leche de mezcla y 99% de las de vacas individuales estuvieron por arriba del mínimo requerido por la norma.

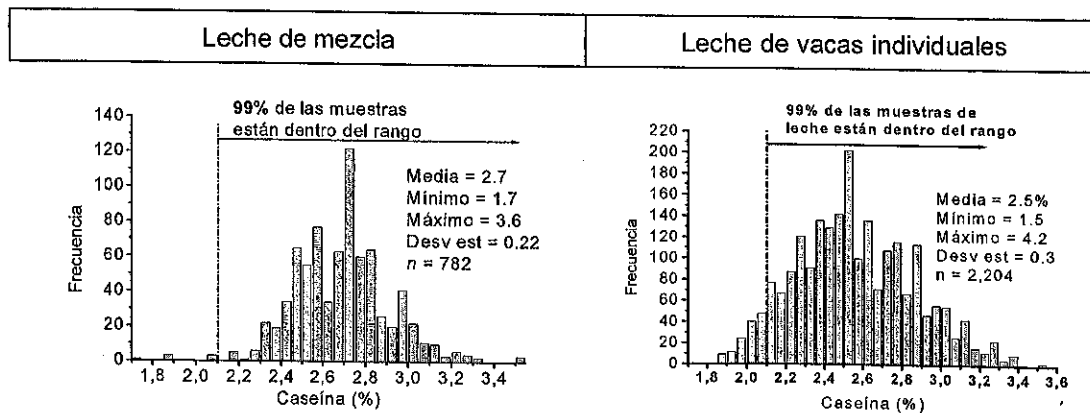


Figura 25. Distribuciones de frecuencia para el contenido de caseína en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

5.6.5 Proporción de caseína en la proteína

Con las concentraciones de proteína y caseína obtenidas para cada una de las muestras de leche se procedió a calcular la proporción de caseína en la proteína. Las distribuciones de frecuencia para los dos grupos de muestras de leche se presentan en la Figura 26. Los promedios de ambos grupos son iguales, con 0.78, pero una distribución más variable para las muestras de leche de vacas individuales. La calidad de la leche en relación a este parámetro es evidente, ya que casi la totalidad de las muestras de leche de mezcla (99.5%) y de vacas individuales (98.6%) estuvieron por arriba del mínimo requerido por la norma para este parámetro.

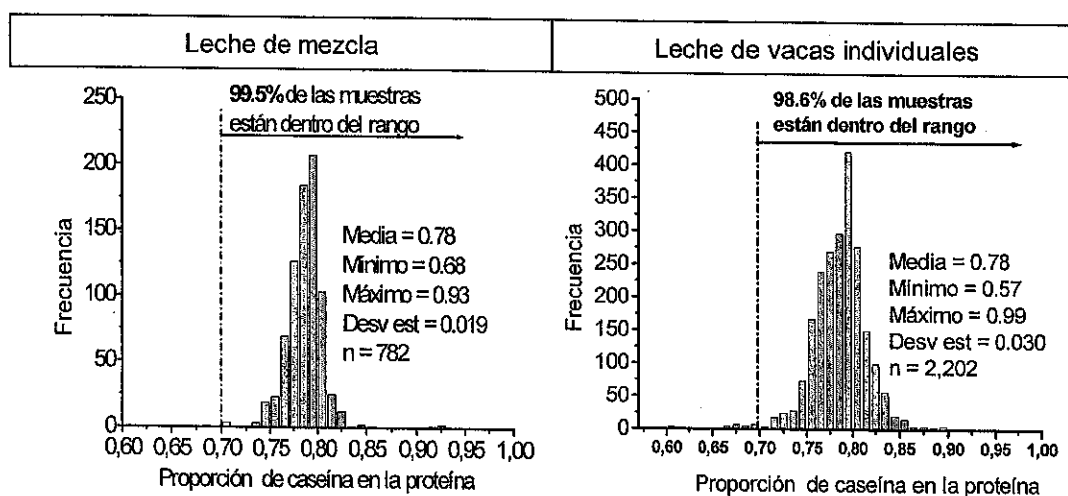


Figura 26. Distribuciones de frecuencia para la proporción de caseína en la proteína en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

5.6.6 Sólidos no grasos

El contenido promedio de SNG en muestras de leche de mezcla (8.8%) fue más alto que el de las de vacas individuales (8.5%). Comparado con los resultados

de la primera fase, el contenido de SNG fue más alto en la segunda fase y un mayor porcentaje de las muestras de leche de mezcla (90% en la segunda fase vs 75% en la primera) y de muestras de vacas individuales (70.5% en la segunda fase vs 30% en la primera) estuvieron por arriba del mínimo requerido por la norma (Figura 27).

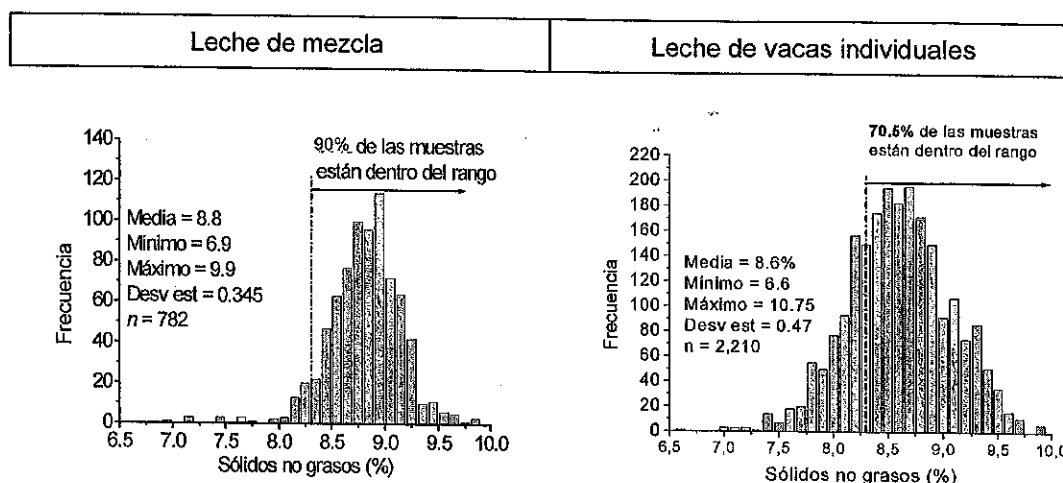


Figura 27. Distribuciones de frecuencia para la concentración de sólidos no grasos en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

5.6.7 Sólidos totales

En promedio, el grupo de las muestras de leche de mezcla presentó un promedio más alto (12.9%) de sólidos totales que el grupo de muestras de leche de vacas individuales (12.0%). Las distribuciones de frecuencia de la Figura 28 muestran que 97.3% y 71.11% de las muestras de leche de mezcla y de vacas individuales, respectivamente, presentaron concentraciones de sólidos totales por arriba del 11.3% requerido por la norma.

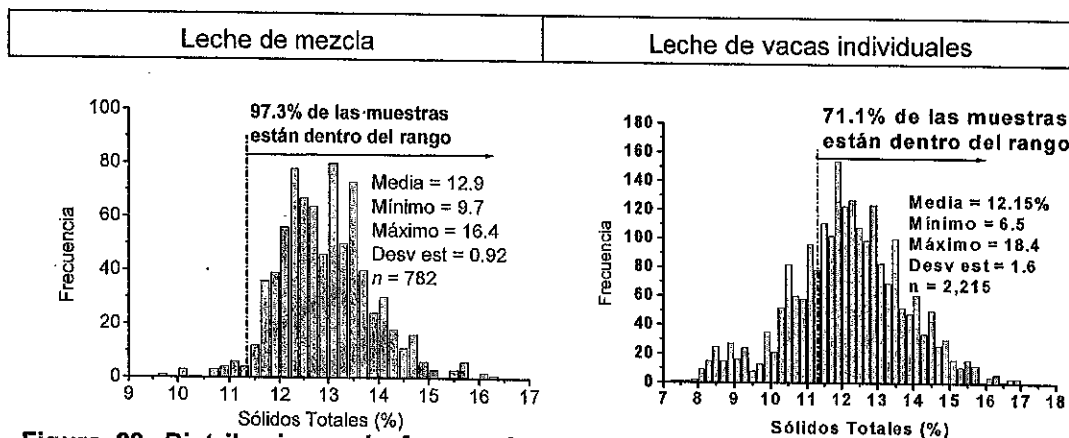


Figura 28. Distribuciones de frecuencia para la concentración de sólidos totales en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

5.6.8 Densidad

Un poco más de la mitad de las muestras de leche de mezcla (55.7%) y de las de vacas individuales (61.12%) estuvieron por arriba del mínimo requerido por la norma para densidad de la leche, de 1.0295 g/mL (Figura 29).

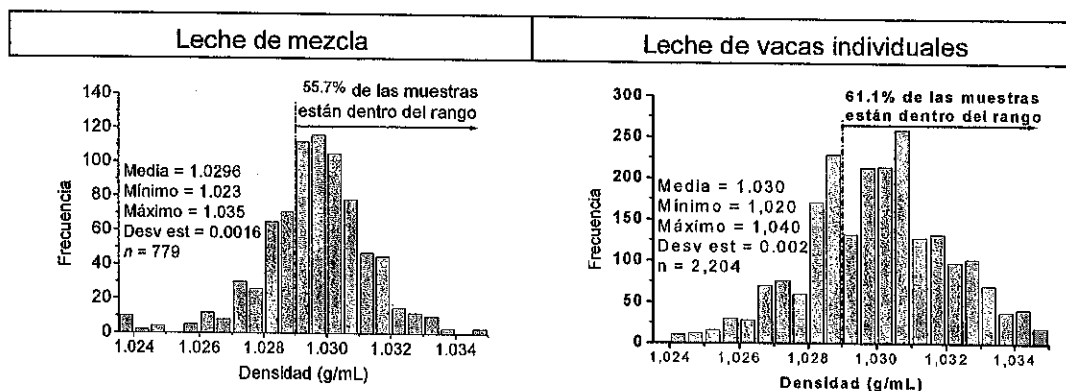


Figura 29. Distribuciones de frecuencia para la densidad de la leche en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

5.6.9 Crioscopia

Los resultados de crioscopia muestran que sólo 24% y 30.1% de las muestras de leche de mezcla y de vacas individuales, respectivamente, estuvieron dentro del rango (-0.560 a -0.530 °H) de crioscopia que marca la norma (Figura 30).

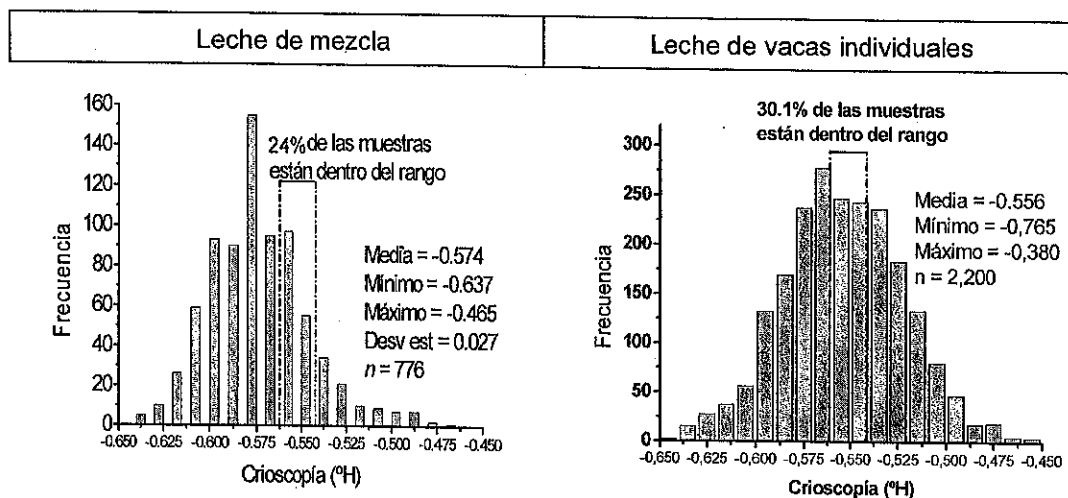


Figura 30. Distribuciones de frecuencia para la crioscopia de la leche en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

5.6.10 Cuenta de células somáticas

En la clase 1 de calidad de la leche se ubicó el 94% de las muestras de leche de mezcla, mientras que en esa misma clase aparecieron el 92% de las muestras de leche de vacas individuales (Figura 31). Los promedios de CCS fueron muy similares para ambos grupos de productores (179,081 para leche de mezcla y 150,043 para leche de vacas individuales).

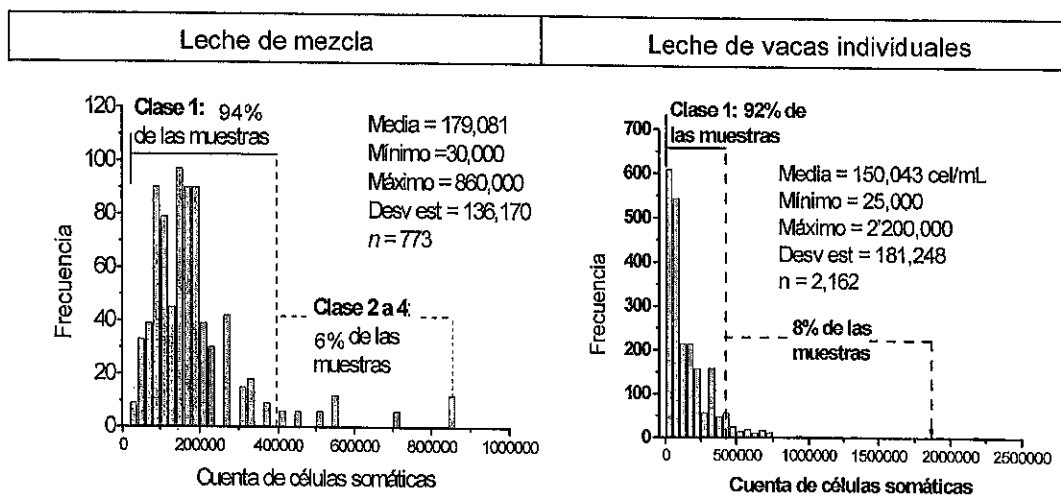


Figura 31. Distribuciones de frecuencia para la cuenta de células somáticas en muestras de leche de mezcla y de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

5.6.11 Urea en leche

La concentración de urea en leche sólo se determinó en las muestras de leche de vacas individuales. El rango normal para este metabolito en leche es de 0.01 a 0.1 %, y es un indicador de la cantidad y calidad de la proteína que la vaca está consumiendo. Cuando la dieta del animal es baja en proteína, la concentración de urea en leche es baja. Cuando la dieta es alta en nitrógeno no proteico, o proteína degradable en rumen, el contenido de urea en leche tiende a aumentar. En las muestras del estudio, 99.5% de éstas estuvieron dentro del rango normal (Fig. 32).

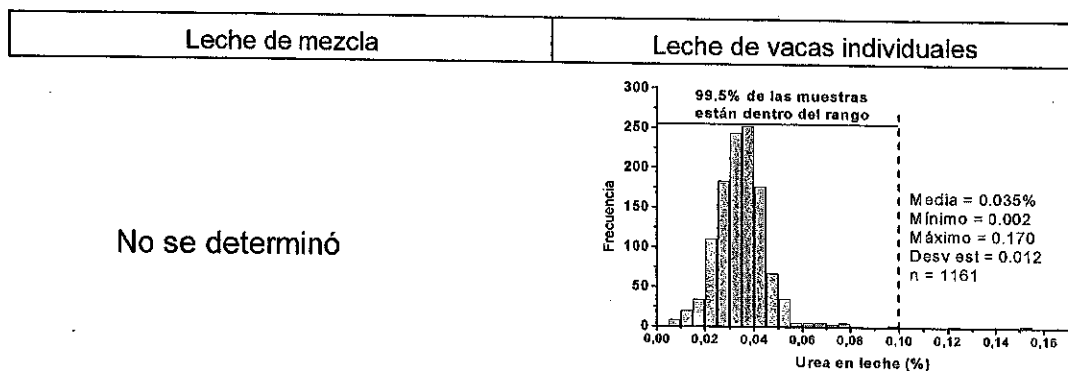


Figura 32. Distribuciones de frecuencia para la concentración de urea en leche en muestras tras de leche de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

De forma general, de acuerdo a Acosta y Delicchi (2002), las dietas altas en proteína pueden elevar la concentración de urea en leche, dietas altas en energía frecuentemente disminuyen la concentración de urea y la ingesta alta de agua, generalmente aumentan la excreción urinaria de urea.

En cuanto a factores de los animales, se ha reportado que la concentración de urea en leche es más baja al comienzo y al final de la lactancia que en el periodo media de la misma. La concentración más alta ha sido reportada entre

los 60 y 90 días previos al secado. Apparently estas variaciones observadas responden más a cambios en la demanda de nutrientes de ésta etapa de lactancia que a los cambio de dietas.

En el cuadro 8 se presentan los estadísticos descriptivos para las variables de calidad de la leche de mezcla y de vacas individuales provenientes de explotaciones de ganado bovino de doble propósito en el estado de Tabasco durante la época de seca, de acuerdo a la estacionalidad del lugar.

Cuadro 8. Estadísticos descriptivos para variables de calidad de la leche de mezclas y de vacas individuales en explotaciones de ganado bovino de doble propósito en el estado de Tabasco durante la segunda fase (época de seca)

Variable	N ¹	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Leche de Mezcla						
Caseína	782	2.70	1.70	3.60	0.22	8.21
Densidad	749	1.029	1.023	1.035	0.00	0.16
Grasa	782	3.85	1.70	7.60	0.77	20.10
Crioscopia °H	776	-0.574	-0.637	-0.465	0.027	-5.21
Lactosa	782	4.50	3.60	4.95	0.18	4.14
Proteína	782	3.42	2.50	4.60	0.30	8.80
Proporción de Caseína	782	0.78	0.78	0.93	0.01	2.38
SNG ²	782	8.80	6.90	9.90	0.34	3.84
ST ³	782	12.90	9.70	16.40	0.92	7.08
CCS ⁴	773	179,081	30,000	860,000	136,170	76.15
Leche de vacas individuales						
Caseína	2,204	2.50	1.50	4.20	0.30	12.32
Densidad	2,215	1.030	1.020	1.040	0.00	0.21
Grasa	2,215	3.69	0.70	8.40	1.25	33.82
Crioscopia °H	2,200	-0.556	-0.765	-0.39	0.03	-6.17
Lactosa	2,215	4.50	3.60	4.95	0.27	5.90
Proteína	2,213	3.20	1.97	5.50	0.40	12.80
Proporción de Caseína	2,202	0.78	0.57	0.99	0.032	3.85
SNG	2,210	8.60	6.60	10.75	0.47	5.47
ST	2,215	12.15	6.50	18.40	1.60	15.00
CCS	2,162	150,043	25,000	2,200,000	181,248	112.89
MUNmgdL ⁵	1,161	15.60	3.35	37.99	5.12	32.85

¹N = número total de Muestras.

²SNG = Sólidos no grasos.

³ST = Sólidos totales.

⁴CCS = Cuenta de células somáticas.

⁵MUNmgdL = Urea en mg por litro de leche.

5.7 Factores que afectan la calidad de la leche de vacas individuales

Los resultados del modelo se presentan en gráficas como medias de cuadrados mínimos con sus respectivos errores estándar.

5.7.1 Efectos sobre los contenidos de grasa, proteína y lactosa de vacas individuales

Los resultados del modelo se presentan en gráficas como medias de cuadrados mínimos con sus respectivos errores estándar.

Los promedios para la proteína no fueron iguales en los tres ranchos, ya que el 3 estuvo más alto que el 1 y 2, y no fueron diferentes entre ordeños. Los contenidos de grasa fueron más altos para la leche del ordeño de la tarde y también fueron diferentes para los tres ranchos comparados, con el contenido más alto para el rancho 2, el más bajo para el rancho 1, y un valor intermedio para el rancho 3. Las muestras de leche del ordeño de la mañana tuvieron un contenido de lactosa más alto que las del ordeño de la tarde; las muestras de leche de las vacas del rancho 1 presentaron un contenido promedio de lactosa más bajo que las del rancho 3, y el contenido de lactosa de las muestras de leche del rancho 2 no fue diferente a la de los otros ranchos evaluados (Figura 33).

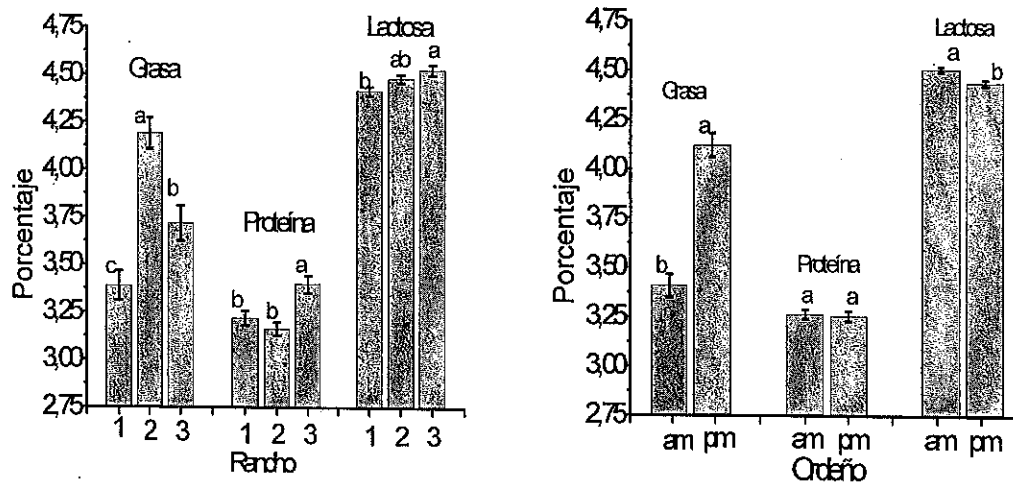


Figura 33. Medias de cuadrados mínimos por rancho (a) y por ordeño (b) para los contenidos de grasa, proteína, y lactosa en muestras de leche de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

De acuerdo con Combellas y Tesorero (2002), la ausencia de estímulo del becerro al comienzo del ordeño reduce la proporción de leche vendible y su contenido de grasa. El amamantamiento al comienzo del ordeño (apoyo), la presencia del becerro al lado de su madre y ambas estrategias combinadas, aumentan de manera similar la proporción de leche vendible y su contenido de grasa. Ello podría estar asociado con un mayor pico de oxitocina en comparación al ocasionado por el ordeño.

5.7.2 Efectos sobre el contenido de caseína y la proporción de caseína en la proteína

La concentración más alta de caseína fue para las muestras de leche del rancho 3; sin embargo, el promedio para la relación caseína/proteína fue igual para las muestras de leche de los ranchos 2 y 3 y más baja para el rancho 1.

Para la concentración de caseína no existió diferencia, en tanto que la relación caseína/proteína fue más alta para las muestras de leche del ordeño de la tarde (Figura 34).

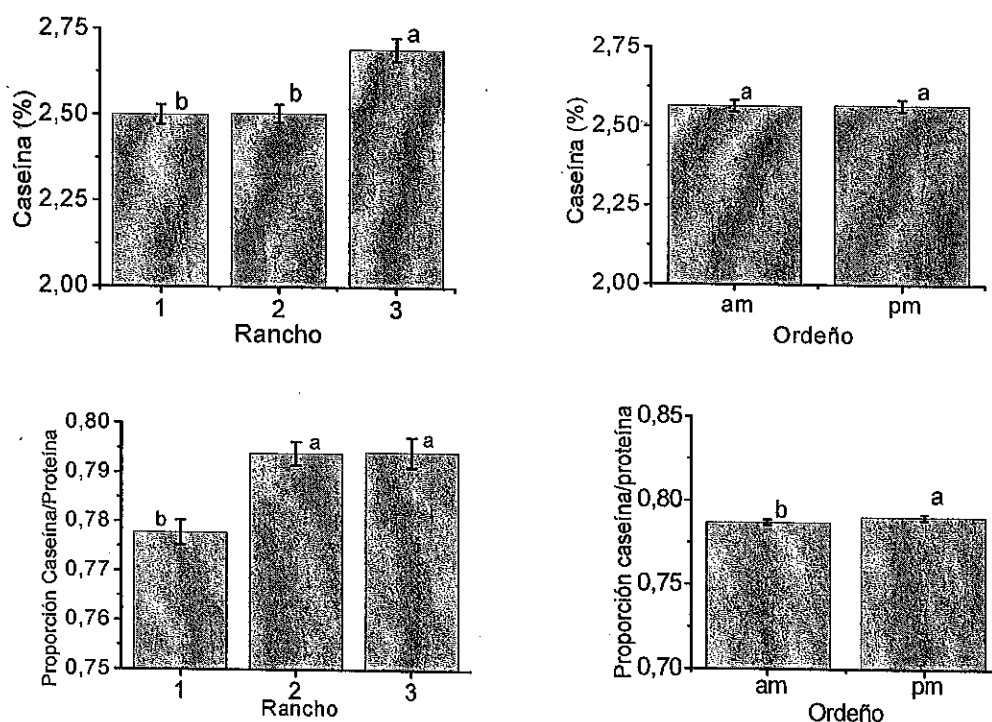


Figura 34. Medias de cuadrados mínimos por rancho (panel superior) y por ordeño (panel inferior) para el contenido de caseína y la relación caseína/proteína en muestras de leche de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

5.7.3 Efectos sobre los contenidos de sólidos no grasos y sólidos totales

Las medias de cuadrados mínimos para los efectos de rancho y ordeño sobre el contenido de sólidos no grasos y sólidos totales en muestras de leche de vacas individuales se presentan en la Figura 35. Los contenidos promedio de sólidos no grasos sólo fue diferente en el rancho 3, con el contenido más alto, pero

para el rancho uno y dos no existió diferencia; para sólidos totales de la leche fueron diferentes para las muestras de leche de los tres ranchos evaluados. El rancho 2 mostró el promedio más alto y el rancho 3 el más bajo, el cual ni siquiera alcanzó el nivel mínimo de 11.3% de sólidos totales recomendado en la norma. Las muestras de leche del ordeño de la mañana presentaron los contenidos promedio más altos de SNG; sin embargo, esta relación se invirtió para los sólidos totales, con las muestras de leche del ordeño de la tarde con el promedio más alto (Figura 35).

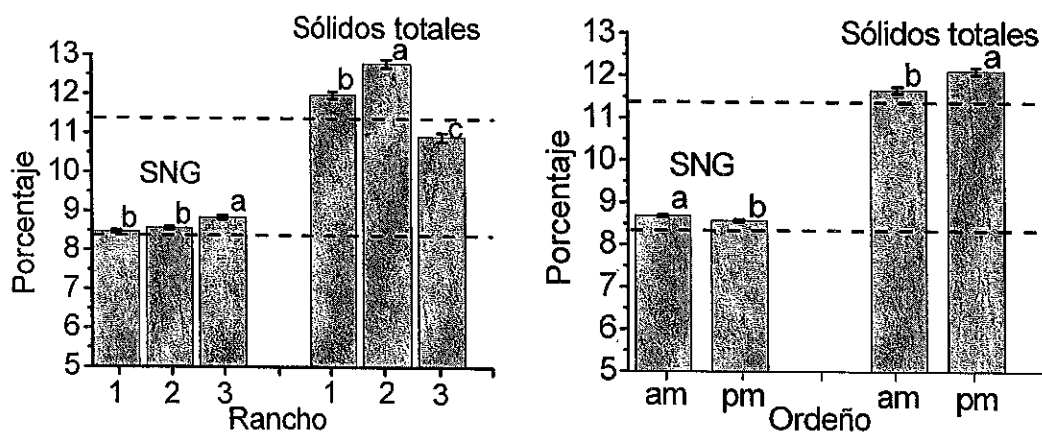


Figura 35. Medias de cuadrados mínimos por rancho y por ordeño para los contenidos de sólidos no grasos y sólidos totales en muestras de leche de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

5.7.4 Efectos sobre la cuenta de células somáticas

Los tres ranchos mostraron promedios de cuenta de células somáticas por debajo del mínimo recomendado para leche clase A (i.e. $\leq 400,000$ células somáticas/mL), con el rancho 2 como el mejor de los tres evaluados. El ordeño no afectó (am o pm) la CCS (Figura 36).

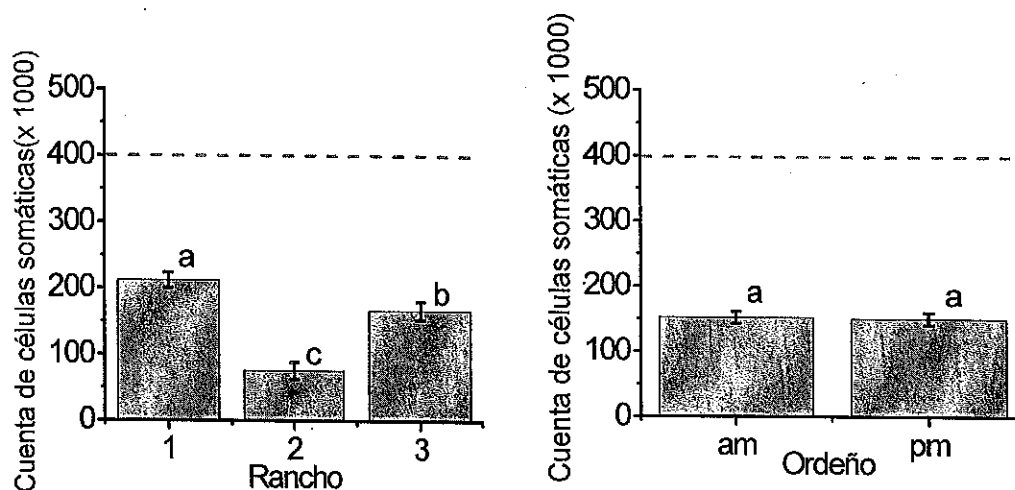


Figura 36. Medias de cuadrados mínimos por rancho y por ordeño para la cuenta de células somáticas en muestras de leche de vacas individuales (Fuente: Investigación de campo 2005).

Goldberg et al. (1992) evaluaron la calidad de la leche y salud de la ubre de vacas lecheras manejadas en cada uno de tres sistemas de producción: confinamiento total, pastoreo intensivo rotacional, y pastoreo continuo tradicional. La cantidad de unidades formadoras de colonias de microorganismos por mL de leche fue mayor para las vacas de los hatos en confinamiento y no se observaron diferencias ($P > 0.15$) en la CCS para los tres sistemas. La diferencia más importante que mostró el estudio fue que la CCS fue menor en la leche de las vacas manejadas en pastoreo intensivo cuando se utilizó un sellador postordeño, comparado con el mismo sistema sin la aplicación del sellador.

6 Conclusiones

De acuerdo a la normatividad vigente, para la época de lluvias se encontró alta calidad fisicoquímica de las muestras de leche evaluadas. Las variables con mejor desempeño para este grupo de muestras fueron la proteína, el agua adicionada el pH, la CCS y los resultados de la prueba de alcohol al 72%. Las variables con peor desempeño fueron los sólidos totales, la densidad y la crioscopía para las muestras de leche de mezcla. En esta misma fase pero con muestras de leche de vacas individuales la variable con mejor desempeño fue el agua adicionada.

En relación a los factores que afectan la calidad de la leche en la época de lluvias, la comunidad de Chivalito, ubicada en la zona alta del área muestreada, mostró los valores más altos para grasa. La mayor concentración de grasa en leche y sólidos totales ($p < 0.001$) la presentaron las vacas que se ordeñaron a mano y sin el apoyo del becerro.

Con excepción de la densidad y la crioscopía, para la época de secas, un alto porcentaje de las muestras de leche de mezcla estuvieron dentro de los rangos o por arriba de los parámetros especificados en las normas. Para las muestras de leche de vacas individuales, sólo la caseína, la proteína, la relación caseína/proteína, la urea en leche y la CCS cumplieron con la normatividad vigente.

Existe la oportunidad de mejorar la calidad de la leche reduciendo la CCS, sobre todo en muestras de leche de mezcla. Así mismo se puede casi duplicar la producción de leche a través de doble ordeño, suplementación y manejo de praderas en la red de proveedores de APROLAC de Macuspana, S.A. de C.V.

7 Bibliografía

- Acosta YM. Alimentación y sólidos en leches. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Uruguay. Programa Nacional de Lechería. 2002.
- Acosta YM, Delicchi MI. Determinación de urea en leche. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Uruguay. Programa Nacional de Lechería. 2002.
- Alais C. Ciencia de la Leche. Principios de Técnica Lechera. Ed. CECSA. México, 2001. Pp. 178-220.
- Amiot J. Ciencia y Tecnología de la Leche: principios y aplicaciones. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 1991. Pp 547.
- Bear W. Alteration of the fatty acid content of milk fat . Journal of Food Protection. 1991. 54 (5):383-386.
- Combellas J, Tesorero M. Relación vaca-becerro en la sala de ordeño y su influencia sobre la producción de leche y su contenido de grasa. III Curso Internacional de ganadería de doble propósito. Memorias del XI Congreso Venezolano de Producción e Industria animal. Valera 22 al 26 de Octubre ULA-Trujillo 2002.
- Comeron AE. El efecto racial sobre la composición de la leche 2004. <http://www.e-campo.com/>
- EKOMILK-M, Manual de operaciones. 2003.
- Gianneechini R, Concha C, Rivero R, Delucci I, Moreno LJ. Ocurrencia de

- mastitis clínica y subclínica en rodeos lecheros de la Región Litoral Oeste en Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Uruguay. 2000. 16-29
- Goldberg JJ, Wildman EE, Pankey JW, Kunkel JR, Howard DB, Murphy BM: The influence of intensively managed rotational grazing, traditional continuous grazing, and confinement housing on bulk tank milk quality and udder health. J Dairy Sci. 1992; 75: 96-104.
- Lomascolo A, Dubreucq E, Terrier V y Galzy P. Observations concerning the composition of fatty acids in dairy products. Milchwissenschaft. 1994. 49 (10): 559-561.
- NMX-F-700-COFOCALE-2004. Sistema producto leche – Alimento – Lácteo – Leche cruda de vaca – Especificaciones Fisicoquímicas, Sanitarias y métodos de prueba.
- NOM-155-SCFI-2003. Especificaciones de leche pasteurizada, ultrapasteurizada y microfiltrada ultra.
- Molina LH, González R, Brito C, et al. Correlación entre la termoestabilidad y prueba de alcohol de la leche a nivel de un centro de acopio lechero. Arch. med. vet., 2001, vol.33, no.2, p.233-240.
- Osorio AMM, Segura CJC. Factores que afectan la curva de lactancia de vacas Bos taurus x Bos indicus en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de Tabasco, México. Téc Pecu Méx 2005; 43(1):127-137.
- Papalois M, Leach F, Dungey S, Yep Y y Versteeg C. Australian milkfat survey - physical properties. The Australian Journal of Dairy Technology. 1996. 51 (10):114-116.
- Pinto M, Shamshiri-Amirkolai S, Carrasco E. Variaciones estacionales de los triacilglicéridos en la grasa de leche de bovinos. Agro sur, jul. 2001, vol.29, no.2, Pp.120-127.



Fray Pedro de Gante No. 236 Barrio de San Pedro
(Frente al Sanatorio Santa Rosa)
Texcoco, Edo. de México
Tels.: 01-595 95-2-37-07 | 01-595 95-2-98-00