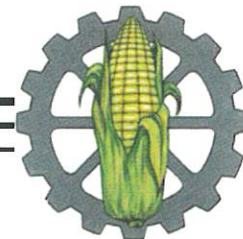




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“EFECTO DEL SISTEMA DE ACOPIO SOBRE LA CALIDAD DE LECHE EN
UNA EMPRESA PASTEURIZADORA UBICADA EN LOS ALTOS DE
JALISCO”**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

PRESENTA:

ANASTACIO ESPEJEL GARCÍA

Bajo la dirección de:

José G. García Muñiz PhD.



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

Chapingo, México, Noviembre de 2005

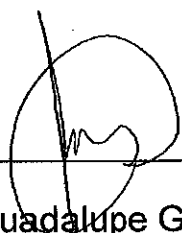


**"EFECTO DEL SISTEMA DE ACOPIO SOBRE LA CALIDAD DE LECHE EN
UNA EMPRESA PASTEURIZADORA UBICADA EN LOS ALTOS DE
JALISCO"**

Tesis realizada por **ANASTACIO ESPEJEL GARCÍA**, bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, la cual ha sido aprobada y aceptada por el mismo,
como requisito parcial para obtener el grado de:

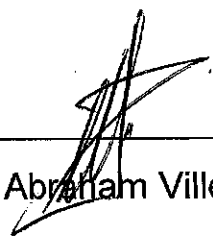
MAESTRO EN CIENCIAS
EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA

DIRECTOR:



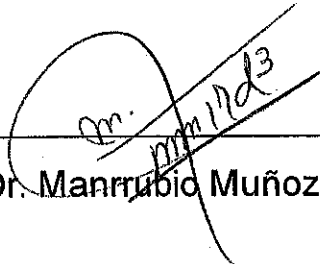
PhD. José Guadalupe García Muñiz

ASESOR:



M.C. Abraham Villegas De Gante

ASESOR:



Dr. Manrubio Muñoz Rodríguez

DEDICATORIA

A DIOS, por el simple hecho de darme la oportunidad de vivir y estar en este momento de mi vida

A MI FAMILIA y ESPECIALMENTE A MIS PADRES, Roberto Espejel López y Demetria García De Espejel, gracias por ser un ejemplo de honradez, fortaleza y de lucha incansable ante las situaciones adversas de la vida, **DIOS LOS BENDIGA**

A todos los productores de leche del país y en especial a los ganaderos de Los Altos de Jalisco, por la disponibilidad e interés mostrada para esta y otras investigaciones

A todos mis compañeros de la maestría y en especial a los de la “**Heroica 2ª Generación**”(Delia, Fany , Mateo y Oscar) gracias por su amistad y por aquellos pequeños grandes momentos que hicieron de esta experiencia algo especial, les deseo la mejor de las suertes

A todas aquellas personas que han tenido influencia trascendental en esta parte de mi formación profesional

Es mi deseo, que esto que ahora es investigación pase a formar parte en un futuro no muy lejano de la transferencia de tecnología de la empresa Alimentos La Concordia S.A de C.V. (Leche Al Día)

AGRADECIMIENTOS

A mi **Alma Mater**, la Universidad Autónoma Chapingo y al Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, por el apoyo económico y por permitirme escalar un peldaño más en este constante e infinito camino del conocimiento

Al **PhD. José G. García Muñiz**, director de esta investigación, por su gran apoyo y observaciones hechas para la mejor realización de este trabajo

Al **Dr. Manrrubio Muñoz Rodríguez**, asesor de este trabajo, por las acertadas observaciones y críticas hechas a este trabajo, además una gran persona, con el que he compartido gran interés por la investigación y la transferencia de tecnología en el país

Al **M.C. Abraham Villegas De Gante**, miembro del comité, por sus aportes y acertados consejos hacia este trabajo de investigación

Al **Dr. Teodoro Espinosa Solares**, por los aportes a este trabajo; al cual considero un buen amigo, con el que he compartido gran interés por la investigación para la Agroindustria lechera del país

Al **M.C. David Rubio Hernández** y personal administrativo de la maestría, por la gran disponibilidad y apoyo para la realización de esta investigación

Al personal de la empresa Alimentos **La Concordia S.A de C.V**, en especial a la **Q.F.B Blanca E. Oliva Hernández**, **Ing. José Contreras Escárcega** y al **M.V.Z Carlos Díaz Pérez**, por el incalculable apoyo para la realización de este trabajo

Grasa butírica.....	38
Punto Crioscópico.....	43
Sólidos Totales y Sólidos No Grasos.....	47
Lactosa.....	50
Calidad Sanitaria de la leche cruda.....	51
Sedimentos.....	52
Acidez.....	54
Prueba de alcohol al 72%.....	58
Cuenta total de bacterias mesófilas aerobias.....	59
Conteo de células somáticas.....	60
Antibióticos e inhibidores.....	62
Reductasa.....	66
Factores que afectan la calidad de la leche.....	68
Factores fisiológicos.....	69
Influencia de la alimentación.....	70
Influencia de los factores climáticos.....	72
Influencia del ordeño.....	73
Factores genéticos.....	75
Referencias bibliograficas de la revisión de literatura.....	80
Capitulo 3. Análisis de la calidad de leche en una empresa pasteurizadora ubicada en Los Altos de Jalisco y el cumplimiento con la norma mexicana para leche cruda.....	85
Resumen.....	85
Abstract.....	87
Introducción.....	88
Materiales y métodos.....	90
Resultados y discusión.....	91
Análisis comparativo de centros colectivos vs individuales.....	93
Conclusiones y recomendaciones.....	110

Literatura citada.....	112
Capitulo 4. Tendencias, estacionalidad y calidad de leche en una empresa pasteurizadora ubicada en Los Altos de Jalisco.....	114
Resumen.....	114
Abstract.....	116
Introducción.....	117
Materiales y métodos.....	119
Resultados y discusión.....	121
Efecto de mes y sitio dentro de año.....	122
Efecto de sitio dentro de año.....	138
Efecto de acopio dentro de año.....	146
Conclusiones recomendaciones.....	161
Literatura citada.....	164

LISTA DE CUADROS

Capítulo 2

Cuadro	Página
1 Producción mundial de leche cruda en el periodo 1988-2003 (Millones de toneladas métricas)	7
2 Producción de leche 2004, en los principales estados productores en México (millones de litros)	11
3 Composición de la leche de varias especies de mamíferos	17
4 Composición de las proteínas de la leche de vaca (%)	21
5 Perfil lipídico de grasa butírica de leche de vaca	23
6 Principales ácidos grasos de la leche de vaca	24
7 Contenido medio de componentes salinos y elementos traza en leche de vaca	26
8 Concentración media de vitaminas en leche de vaca y porcentaje de las necesidades diarias de un adulto aportadas por la ingestión de 500 mL	29
9 Densidad relativa de los componentes de la leche de vaca a 15°C	37
10 Contenido de grasa y proteína de leche de diferentes razas de ganado bovino	40
11 Punto de congelación y agua añadida a la leche	46
12 Cambios en la composición de la leche de acuerdo al número de ordeño	48
13 Contenido de sólidos totales y sólidos no grasos en algunas leches de vaca	49
14 Aptitudes lecheras algunas de razas de ganado bovino	77
15 Parámetros de calidad de leche en México y otros países	79

Capítulo 3

Cuadro

Página

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Estadísticos descriptivos para variables de calidad de leche de termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora ubicada en Los Altos de Jalisco | 92 |
|---|--|----|

Capítulo 4

Cuadro

Página

- | | | |
|---|---|-----|
| 1 | Nivel de significancia (probabilidad) para los efectos de año, sitio mes e interacciones en variables de calidad de leche | 122 |
|---|---|-----|

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura	Página
1 Aportación a la producción mundial de leche por regiones	6
2 Producción nacional para el periodo 1990-2004 (millones de litros)	9
3 Estacionalidad de la producción nacional de leche	10
4 Representación esquemática del equilibrio entre fases dispersas, coloidales y disueltas de la leche (Schlimme y Bucheim, 2002)	27

Capítulo 3

1 Distribuciones de frecuencia para porcentaje de grasa de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	94
2 Distribuciones de frecuencia para crioscopia de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	95
3 Distribuciones de frecuencia para reductasa (TRAM) de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	97
4 Distribuciones de frecuencia para temperatura de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	99
5 Distribuciones de frecuencia para sedimentos de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	100

6	Distribuciones de frecuencia para sólidos no grasos de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	101
7	Distribuciones de frecuencia para densidad (D_{15}) de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	102
8	Distribuciones de frecuencia para acidez de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	104
9	Distribuciones de frecuencia para sólidos totales de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	105
10	Distribuciones de frecuencia para lactosa de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	106
11	Distribuciones de frecuencia para proteína de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	108
12	Distribuciones de frecuencia para cuenta de células somáticas de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	109

Capítulo 4

1	Efecto de mes para acidez (A) y lactosa (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	124
---	--	-----

2	Efecto de mes para conteo de células somáticas en Sta. María y Lagos de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	126
3	Efecto de mes para crioscopia en Lagos y Sta. María de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	127
4	Efecto de mes para densidad en Lagos y Sta. María de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	129
5	Efecto de mes para porcentaje de grasa en Lagos y Sta. María de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	130
6	Efecto de mes para reductasa en Lagos y Sta. María de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	132
7	Efecto de mes para sedimentos en Lagos y Sta. María de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	133
8	Efecto de mes para temperatura en Lagos y Sta. María de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	135
9	Efecto de mes en Lagos para sólidos totales, sólidos no grasos y proteína de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	138
10	Efecto de sitio para acidez (A) y crioscopia (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	140
11	Efecto de sitio para densidad (A) y porcentaje de grasa (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	142
12	Efecto de sitio para reductasa (A) y sedimentos (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	144
13	Efecto de sitio para temperatura de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	146

14	Efecto de sitio para acidez (A) y cuenta de células somáticas (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	149
15	Efecto de tipo de acopio para crioscopia (A) y densidad (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	151
16	Efecto de tipo de acopio para porcentaje de grasa (A) y reductasa (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	154
17	Efecto de tipo de acopio para sedimentos (A) y sólidos no grasos (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	156
18	Efecto de tipo de acopio para sólidos totales (A) y temperatura (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	158
19	Efecto de tipo de acopio para proteína (A) y lactosa (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco	160

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

La firma del TLCAN (Tratado de Libre Comercio de América del Norte) de México con Estados Unidos y Canadá ha provocado grandes cambios en los diferentes sectores de la economía mexicana. El sector agroindustrial no ha sido la excepción y en específico la industria láctea, la cual ha generado políticas y estrategias para aumentar su competitividad y aligerar las asimetrías que se tiene con los países socios del TLCAN.

Es en este sentido que la industria láctea en México ha dado los lineamientos para la mejora de la calidad del lactcinio. En México este sector ha fortalecido las relaciones entre los eslabones de la cadena agroindustrial de la leche, generando así un efecto de arrastre y transferencia de tecnología hacia la producción primaria. Desde esta perspectiva, se debe tener en cuenta que en la cadena de producción de leche y productos lácteos, hasta su llegada al consumidor están implicados tanto las granjas ó explotaciones de producción primaria como la industria transformadora. Para conseguir un producto final de calidad que pueda ser competitivo en el nuevo marco del mercado único, será imprescindible que ganaderos y empresarios tomen las medidas necesarias para adecuarse a las normas y exigencias globales, pues la salud pública es uno de los puntos que más preocupa a las autoridades (Madrid, 1996).

Para el caso de México, los requerimientos de calidad de leche cruda se encuentran como especificaciones fisicoquímicas y sanitarias, publicados en la NMX-F-700-COFOCALEC-2004, publicada el 23 de junio del 2004.

El proceso de mejoramiento de calidad de leche en México ha venido evolucionando de manera distinta en cada una de las cuencas lecheras. Para el estado de Jalisco puede dividirse en tres etapas (Aguilar, 2003). La primera tiene que ver con el establecimiento de la compañía Nestlé en la región, desde la década de 1940, adquiriendo un liderazgo absoluto mediante el acercamiento y el control paulatino de la producción primaria hasta convertirse en el único comprador. Una segunda etapa estuvo asociada con el desarrollo de la cuenca lechera, debido en parte a los múltiples apoyos oficiales que atrajeron a otras empresas interesadas en establecerse en la región a acopiar leche en la misma. Destacan por su importancia Sigma Alimentos, Parmalat, Sello Rojo, Alpura y Lala. En esta cuenca lechera también se estimuló la inversión de agentes locales, para aprovechar los excedentes temporales, tal es el caso de las queserías y otros comercializadores menores.

La tercera fase dio inicio en la década de 1990 y tiene que ver precisamente con la adopción de los criterios de calidad de la leche y los reacomodos que ello supone, transformando las condiciones de la competencia agroindustrial y renovando las formas de interrelación con los ganaderos. Esta fase se caracteriza por los reacomodos de poder entre los diferentes actores (instituciones, agroindustrias, organizaciones de productores y comerciantes) cuya acción ha definido las características de competitividad en la región. En

esta fase se da la introducción de tecnología para el enfriamiento de la leche y la organización de los productores en torno a los tanques de enfriamiento, así como la modificación de procesos de producción primaria, la afectación de la estructura de costos de operación de los productores primarios y distribución de los costos del manejo de la leche (Urzúa y Álvarez, 1998).

La importancia de la producción lechera en el estado de Jalisco, radica en que para el año 2004 aportó 17.4% de la producción nacional (SAGAR/CEA, 2004) lo que lo ubica como el estado con mayor producción de leche a nivel nacional.

Dentro del estado de Jalisco la cuenca lechera de Los Altos de Jalisco contribuye con el 60% de la producción estatal, por lo que es gracias a esta región que la entidad se distingue como el primer productor de leche a nivel nacional (Rodríguez, 1999). El rendimiento por vaca es modesto aunque mejor que el promedio estatal (10 l/vaca/día) y su producción también es en esencia del tipo familiar (Cervantes y Álvarez, 2001). Aunque el rendimiento por vaca es bajo, paradójicamente esta baja productividad del sistema alteño le confiere altas posibilidades de rentabilidad si se detectan y se mejoran los puntos clave que actualmente limitan la elevación de los rendimientos. Es este aspecto el que motiva el desarrollo de esta investigación, para dar opciones de mejora para los productores menos desarrollados.

CAPITULO 2

REVISIÓN DE LITERATURA

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE LECHE

La leche es uno de los alimentos más completos para el ser humano, dadas las características de sus nutrimentos, como las proteínas que contienen aminoácidos esenciales para la alimentación. Así organismos internacionales como la FAO y UNESCO la han recomendado como alimento indispensable para la nutrición humana, principalmente para los niños. La mayoría de los países considera la producción y abasto de leche como una prioridad nacional, por lo cual establecen políticas de alto proteccionismo para el sector. Países desarrollados como Estados Unidos de América, Canadá y los de la Unión Europea, producen un gran volumen de leche, por lo cual sus excedentes terminan vendiéndose en el mercado internacional con grandes subsidios, distorsionando fuertemente los precios del producto (www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/anleche.html#comercial).

En la Figura 1, se presenta la producción mundial de leche cruda; en primer lugar con 27% se encuentra Europa Occidental, en donde se incluyen los siguientes países: Austria, Bélgica, Luxemburgo, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Islandia, Irlanda, Italia, Liechtenstein, Malta, Holanda, Noruega, Portugal, Holanda, Suiza, Suecia y Reino Unido. Con 17% se encuentra Asia, con 15% Los Estados Unidos de América; por su parte México

aporta el 2% del total, equivalente a 9.871 millones de toneladas métricas para el año 2003 (Cuadro 1).

Durante el periodo de análisis 1988-2003, en general para todos los países, la tendencia en la producción de leche, se comportó de forma descendente hasta 1993, sin embargo es en 1996 cuando la producción parece empezar a recuperarse, luego se desploma, aunque a partir de 1997 la producción empieza a tener una tendencia a la alza, observándose para el año 2003 un crecimiento de 1.7% con respecto a 2004 y de 7.4% con respecto al año 1988.

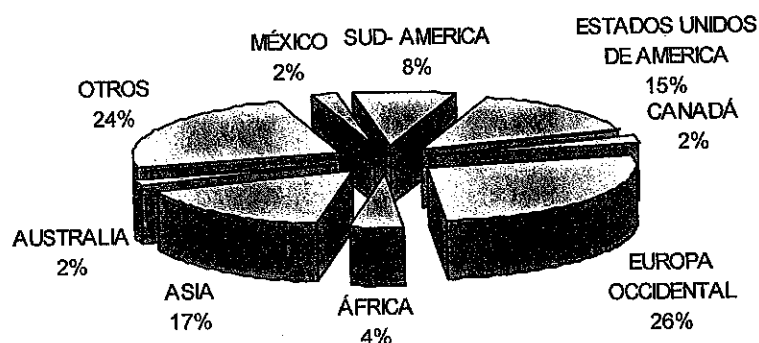


Figura 1. Aportación a la producción mundial de leche por regiones

Cuadro 1. Producción mundial de leche cruda en el periodo 1988-2003 (Millones de toneladas métricas)

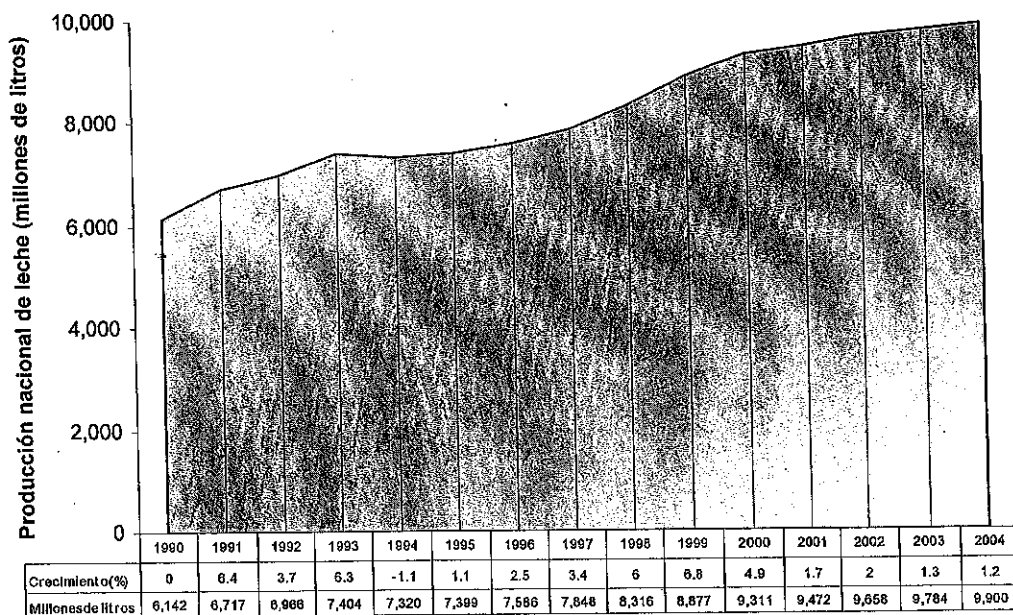
AÑO	Estados Unidos				Europa Occidental				Producción mundial	Crecimiento %	
	Sudamerica	Unidos	Canadá	México	África	Asia	Occidental	Australia			Otros
1988	30.039	65.786	7.827	6.350	14.696	54.111	133.039	6.319	154.121	472.288	
1989	31.508	65.269	7.980	5.750	15.221	56.850	133.226	6.484	156.010	478.298	1.3
1990	31.827	67.005	7.975	6.332	15.333	60.843	132.713	6.456	155.242	483.726	1.1
1991	32.704	66.995	7.790	6.925	15.086	63.835	129.999	6.601	145.299	475.234	-1.8
1992	34.523	68.423	7.633	7.182	15.301	78.853	128.015	6.941	119.269	466.140	-1.9
1993	35.364	68.303	7.500	7.634	15.183	81.193	126.622	7.554	115.813	465.166	-0.2
1994	36.538	69.701	7.750	7.547	15.755	82.060	126.411	8.327	112.241	466.330	0.3
1995	38.715	70.500	7.920	7.628	16.546	83.844	127.909	8.460	106.673	468.195	0.4
1996	40.304	70.003	7.890	7.822	16.672	85.607	127.163	8.986	102.563	467.010	-0.3
1997	42.517	71.072	7.800	8.091	17.004	87.412	126.079	9.303	102.516	471.794	1.0
1998	45.815	71.414	8.200	8.574	18.522	88.892	127.317	9.731	99.616	478.081	1.3
1999	46.108	73.482	8.340	8.885	18.824	90.503	127.012	9.822	97.683	480.659	0.5
2000	46.525	75.115	8.200	9.474	18.699	89.970	126.365	11.383	96.846	482.477	0.4
2001	46.754	75.025	8.170	9.472	18.518	100.548	126.253	10.875	99.786	495.401	2.7
2002	46.145	75.025	8.100	9.560	18.701	101.239	126.830	11.620	101.922	499.142	0.8
2003	46.323	78.155	7.880	9.871	20.687	104.780	126.966	10.642	102.081	507.385	1.7
%	8%	15%	2%	2%	4%	17%	27%	2%	24%	100%	

FUENTE: www.sica.gov.ec/cadenas/leche/docs/leche_mundial.htm

PRODUCCIÓN NACIONAL DE LECHE

La producción de leche de bovino en México es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico debido a la gran variedad de climas regionales y características de tradiciones y costumbres de las poblaciones. Según cifras del Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), durante los últimos diez años (1992-2001) la producción total de leche de bovino fue de 80 mil millones de litros en este periodo, y tuvo una tendencia de crecimiento constante, debido principalmente a que las expectativas para el sector lechero fueron más favorables gracias a los programas de apoyo concertados entre las instancias gubernamentales, los productores organizados y los industriales de la leche (<http://www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/anleche.html>).

En la Figura 2 se presenta la producción anual de leche desde 1990 hasta 2004, y resalta que en 1994 la producción disminuyó a causa del colapso económico que sufrió el país. A pesar de ello, a partir de 1996 se observa un comportamiento ascendente de la producción, sin embargo, a partir del año 2001 aunque se observa una tendencia ascendente ésta es de forma más lenta, comparada con el crecimiento que se observó de 1996 al 2000.



FUENTE: SAGAR/CEA, 2004

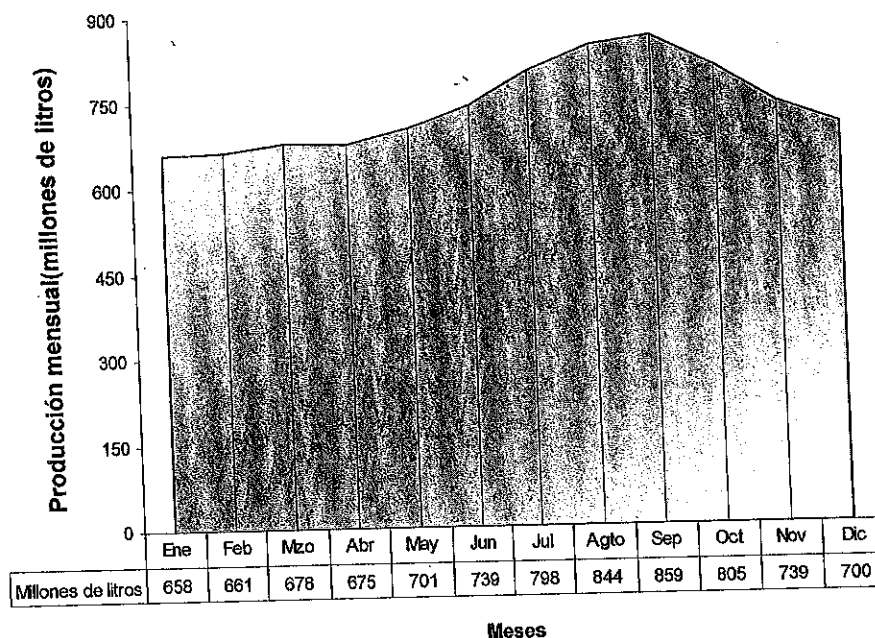
Figura 2. Producción nacional de leche 1990-2004 (millones de litros).

PRODUCCIÓN DE LECHE POR ENTIDAD FEDERATIVA

ESTACIONALIDAD DE LA PRODUCCIÓN

En México la producción nacional de leche se desarrolla en distintas condiciones socioeconómicas y agroecológicas. Debido a este tipo de factores la producción durante cada uno de los meses del año es variable. La producción de leche presenta una estacionalidad muy marcada entre la época

de estiaje y la de lluvias (Figura 3), en la que si bien es cierto aumenta la producción de leche, también ocurre que la calidad sanitaria disminuye, debido a condiciones que más adelante se abordarán.



FUENTE: SAGAR/CEA, 2004

Figura 3. Estacionalidad de la producción nacional de leche (1996-2003).

De igual manera entre entidades federativas los volúmenes de producción varían. Los principales estados productores son Jalisco, Durango, Coahuila, Veracruz, Guanajuato, Edo. de México y Chihuahua (Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción de leche durante 2004, en los principales estados productores (millones de litros)

Estado	Producción	%
Coahuila	1,082.8	10.9
Chihuahua	780	7.9
Durango	940.8	9.5
Guanajuato	648.6	6.6
Jalisco	1,722.5	17.4
Edo. México	489.1	4.9
Veracruz	719.2	7.3
Otros	3,517.0	35.5
Total	9,900.17	100.0

FUENTE: SAGAR/CEA, 2004.

Para el sector industrial y para los mismos productores la estacionalidad de la producción es un problema. Para el productor implica menores ingresos por la disminución del volumen de producción comercializado, y el industrial se ve en la necesidad de compensar el faltante para mantener los niveles de producción y la misma estructura de producción. En caso de no compensar este faltante los costos se elevarán afectando el precio del producto final, y por consiguiente el volumen de ventas.

Debido a que la estacionalidad es un problema que afecta a los agentes de la red de valor de la leche, éstos han tomado cartas en el asunto, tratando de uniformizar la oferta mediante estrategias de transferencia de tecnología, mejoramiento genético del ganado y sincronización de los partos en los hatos.

Por otra parte, el gobierno federal, mediante el programa de abasto social de

leche LICONSA, trata de contrarrestar el déficit de leche mediante la importación de leche en polvo de países como Los Estados Unidos de América, Australia, Nueva Zelanda, entre otros. De acuerdo con las estadísticas disponibles (SAGAR/CEA, 2004), en el año 2004, se importaron 158.0 millones de toneladas de leche en polvo y 61.4 millones de litros de leche fluida.

PRODUCCIÓN DE LECHE EN EL ESTADO DE JALISCO

Jalisco es el estado cuya producción del sector primario aporta mayor participación al P.I.B. sectorial nacional, con un 10%. Con respecto a la producción de leche para el año 2004, Jalisco participó con 17.4% de la producción nacional, ubicándose en primer lugar, con 1,722.5 millones de litros (SAGAR/CEA, 2004).

Los ganaderos de Jalisco constituyen la mayor cuenca estatal productora de leche en el país, alcanzando tres y medio millones de litros de leche al día. La raza Holstein predomina en las ganaderías, donde se manejan los sistemas de producción intensivo, semintensivo y familiar, predominando el semintensivo donde es evidente la vocación del productor de Jalisco por la ganadería de leche. La población ganadera en el estado de Jalisco se estima en 810 mil cabezas, de las cuales 270 mil son vacas en producción y 230 mil son vaquillas, novillos y terneras de reemplazo. Jalisco dispone de una planta industrial para lácteos importante, donde se procesan e industrializan más de dos millones de litros de leche al día. Los centros de acopio de tipo comunitario e individual

están estratégicamente distribuidos en las regiones. Las principales plantas procesadoras e industriales de leche son Lechera Guadalajara, Alimentos La Concordia S.A de C.V, Nestlé, Sigma Alimentos, Lala y Alpura (www.ugrjal.org.mx/produccion.html)

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La empresa pasteurizadora de estudio se encuentra ubicada en la región de Los Altos de Jalisco, en el municipio de Lagos de Moreno. Este municipio, de acuerdo con estudios realizados (Espejel y Ozuna, 2000) es el más desarrollado de Los Altos de Jalisco, en cuanto a calidad de leche y tecnología de producción, en el cual se concentra la mayor cantidad de industrias procesadoras de leche.

El Municipio posee una superficie de 2,648.22 km² que representa el 3.4% de la superficie del Estado de Jalisco. Se localiza geográficamente en la parte Noreste del Estado de Jalisco, en la región occidental de la República Mexicana.

Se encuentra limitando al norte con el Estado de Aguascalientes y el Municipio de Ojuelos, Jalisco; al sur, con el Municipio de Unión de San Antonio; al oriente, con el estado de Guanajuato; al noroeste y poniente con Encarnación de Díaz y San Juan de los Lagos. La ciudad se localiza hacia la zona Sur del municipio a los 21°21'15" de latitud Norte y 101°55'40" de longitud Oeste. Se encuentra

enclavada entre los 1,870 metros sobre el nivel del mar en la rivera del Río Lagos y los 2,220 metros sobre el nivel del mar en la Colonia Paseos de la Montaña; su topografía irregular tiene como altura media los 1,830 metros sobre el nivel del mar.

El clima es semiseco, con otoños e invierno secos y semicálidos. La temperatura media anual es de 18.7° C, con máxima de 31.6°C y mínima de 5.8°C. El régimen de lluvias se registra entre los meses de junio a octubre, con una precipitación media de 573.2 milímetros. El promedio anual de días con heladas es de 28.7. Los vientos dominantes soplan en dirección del suroeste.

Este municipio está clasificado como industrial y turístico; además está dentro del programa de las 100 ciudades, y sus principales vocaciones son la siembra de maíz, frijol y forrajes. Sus principales actividades productivas, se concentran en los lácteos y el sector primario (<http://www.lagosdemoreno.gob.mx/>)

CALIDAD DE LECHE Y VALOR NUTRICIONAL

La calidad es, al mismo tiempo, una palabra simple con un significado complejo, ya que en el caso de la leche, representa el resultado de muchos aspectos, algunos relacionados con el animal, la alimentación, la genética, las instalaciones, equipos utilizados, el manejo y el personal involucrado en el

mismo. No obstante, es un concepto en el que existen diferencias de interpretación por parte de los diferentes componentes de la cadena de la leche, por lo que se hace necesario armonizarlo, para que sea aplicado uniformemente por los productores, la industria y la autoridad. Además, es importante promover de manera intensiva, de acuerdo con las circunstancias actuales, la calidad en los diferentes puntos que comprende la cadena, poniendo un énfasis especial en los eslabones más débiles. Para lograr lo anterior, es necesaria la participación de los productores, los industriales, el sector público estatal y federal, así como las instituciones que participan en este importante sector.

Cada vez es más común escuchar entre los productores de leche referirse a la calidad de la leche como algo fundamental para obtener un buen precio por su producto, y no es para menos, pues la industria ha venido incrementando los requisitos de calidad, como parte de una estrategia encaminada a enfrentar la competencia de las empresas lecheras de los socios comerciales de México en el TLCAN.

Es importante que el productor esté informado y conozca la situación que impera en el sector lechero, no solo de su comunidad, sino del país y del resto del mundo, pues debido a las relaciones comerciales de los productos no se encuentran limitados a una región geográfica del planeta.

COMPOSICIÓN DE LA LECHE Y VALOR NUTRICIONAL

Existen varias definiciones que describen y definen lo que es la leche. Por ejemplo Wattiaux (2004b), define a la leche como el producto normal de la secreción de la glándula mamaria. Por otra parte, en la NMX-F-700-COFOCALEC-2004, **-leche cruda de vaca-** se define como la secreción natural de las glándulas mamarias, sin calostro y sin substracción alguna de sus componentes, que no ha sido sometida a tratamientos térmicos.

La leche es un producto nutritivo complejo que posee más de 100 sustancias distintas y cuya función natural es la de ser alimento exclusivo de los mamíferos jóvenes durante el periodo crítico de su existencia, tras el nacimiento, cuando el desarrollo es rápido y no puede ser sustituida por otros alimentos (Alais, 1997).

Los componentes nutricios de la leche (Cuadro 3) se encuentran en distintas fases, ya sea en solución, suspensión ó emulsión grasa en agua.

De esta manera, la caseína, que es la principal proteína de la leche, se encuentra dispersa como un gran número de partículas sólidas tan pequeñas que no sedimentan, y permanecen en suspensión. Estas partículas se llaman micelas, y la dispersión de las mismas en la leche se llama suspensión coloidal.

Cuadro 3. Composición de la leche de varias especies de mamíferos

Componente (por 100mL)	Humano	Vaca	Cabra
Agua (%)	87	86.9	87
Energía (kcal)	69	66	71
Proteína (g)	1.0	3.3-4.0	2.9-5.6
Grasa (%)	3.8	3.6-5.2	2.4-7.8
Carbohidratos (g)	7.1	4.7-5.1	4-6.3
Lactosa (g)	7.0	4.8-5.0	4-6.3
Calcio (mg)	28	120	130
Fósforo (mg)	14	100	110
Hierro (mg)	0.07	0.05	0.04
Vitamina A (mg)	60	35	40
Vitamina B2 (mg)	0.03	0.15	0.15
Ácido nicotínico (mg)	0.22	0.08	0.19
Vitamina C (mg)	3.7	1.5	1.5
Vitamina D (µg)	0.02	0.03	0.06

Fuente: Riel, 1991.

La grasa y las vitaminas solubles en grasa se encuentran en forma de emulsión: esto es, una suspensión de pequeños glóbulos líquidos que no se mezclan con el agua de la leche. La lactosa (azúcar de la leche), algunas proteínas (proteínas séricas), sales minerales y otras sustancias son solubles; esto significa que se encuentran disueltas en el agua de la leche.

Las micelas de caseína y los glóbulos grasos le dan a la leche la mayoría de sus características físicas, además de conferirle el sabor y olor a los productos lácteos tales como mantequilla, queso, yogur, etc. (Wattiaux, 2004a)

La composición de la leche varía considerablemente con la raza de la vaca, el estado de lactancia, alimento, época del año y muchos otros factores, a continuación se definen los principales componentes de la leche.

AGUA

El valor nutricional de la leche como un todo es mayor que el valor individual de los nutrientes que la componen debido a su balance nutricional único. La cantidad de agua en la leche refleja ese balance. En todos los animales, el agua es el nutriente que se requiere en mayor cantidad y la leche suministra una gran cantidad de agua, conteniendo aproximadamente 90% de la misma. La cantidad de agua en la leche es regulada por la lactosa que se sintetiza en las células secretoras de la glándula mamaria. El agua que va en la leche es transportada a la glándula mamaria por el torrente sanguíneo. La producción de leche se afecta rápidamente por una disminución del agua bebida y cae el mismo día que su suministro es limitado o no se encuentra disponible. Esta es una de las razones por las que la vaca lechera debe tener libre acceso a una fuente de agua abundante todo el tiempo (Wattiaux, 2004b).

CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos de la leche de vaca están representados, en su mayor parte, por la lactosa. Ésta se encuentra en la leche en forma constante, alrededor de 5% y, en menor cantidad, por la glucosa y la galactosa. La lactosa, disacárido sintetizado por la célula epitelial de la glándula mamaria, es poco soluble, ayuda en la absorción del calcio (Schuette, 1991) y es el menos dulce de todos los azúcares, ya que contiene sólo 1/6 de la dulzura de la sacarosa.

Algunas investigaciones señalan que parte de los adolescentes y adultos son intolerantes a la lactosa. La explicación es que después del destete se inicia un proceso –común entre los mamíferos– de inactividad de la enzima lactasa. Otros estudios, sin embargo, no comprueban esos resultados, generando una polémica sobre el asunto. Esas investigaciones muestran que hay una reducción en la actividad de la lactasa con el transcurrir del tiempo, pero que el contenido residual es suficiente para digerir la cantidad promedio de leche que un adulto consume diariamente (Orozco y De Angelis, 1987; De Angelis y Giuli, 1983).

Sin embargo, no todos los productos lácteos poseen proporciones similares de lactosa. La fermentación de la lactosa durante el proceso baja su concentración en muchos productos, especialmente en yogures y quesos. Además, la leche pretratada con lactasa, que minimiza los problemas asociados con la intolerancia a la lactosa, se encuentra disponible en el mercado.

PROTEÍNAS

Las proteínas son moléculas complejas, compuestas por aminoácidos. Entre estos, nueve son esenciales y para que aparezcan en la leche tienen que haber sido proporcionadas en la alimentación de la vaca. La mayor parte del nitrógeno de la leche se encuentra en la forma de proteína. Las proteínas de la leche son de fácil digestión y también de elevado valor biológico. Contienen los aminoácidos esenciales en cantidad y proporción adecuadas. Por eso su

importancia en la alimentación, principalmente en la etapa del crecimiento, pues es posible obtener de la leche buena parte de las necesidades diarias de proteínas (Tetrapak, 2000).

La concentración de proteína en la leche varía de 3.0 a 4.0% en peso (30-40 gramos por litro). El porcentaje varía con la raza de la vaca y tiene relación con la cantidad de grasa en la leche. Existe una estrecha relación entre la cantidad de grasa y la cantidad de proteína en la leche: cuanto mayor es la cantidad de grasa, mayor es la cantidad de proteína (Wattiaux, 2004a).

Las principales proteínas de la leche son la caseína (80%) y las proteínas séricas (20%); entre estas últimas se halla β -Lactoglobulina (16%) y con 4% la α -Lactoalbumina (Kansel, 1992). Otras proteínas, como las enzimas, las inmunoglobulinas y las hormonas, se encuentran en menores cantidades. Tanto la β -lactoglobulina como la α -lactoalbúmina son nutricionalmente mejores que la caseína, debido al mayor contenido de aminoácidos esenciales, como lisina, metionina y triptofano (Hermansen y Ostersen, 1994).

En el Cuadro 4 se presenta la composición de aminoácidos de la leche.

Cuadro 4. Composición de las proteínas de la leche de vaca (%)

Aminoácidos	Total de proteínas	Caseínas	α -lactoalbumina	β -lactoglobulina
Glicina	0.3	0.4	0	1.5
Alanina	2.3	2.3	2.6	7.1
Valina	6.9	7.0	5.0	5.8
Leucina	10.8	10.8	14.1	15.5
Isoleucina	6.4	6.1	5.1	6.8
Serina	4.8	5.4	4.0	4.4
Treonina	4.6	4.4	5.0	5.3
Ác. Aspártico	5.0	5.8	9.6	11.0
Ác. Glutámico	20.5	21.7	15.2	1.8
Arginina	3.8	3.8	3.4	2.9
Lisina	8.1	6.8	7.3	11.3
Cisteína	-	-	-	1.1
Cistina	0.9	0.3	3.1	4.0
Metionina	2.6	2.9	2.4	3.2
Fenilalanina	5.2	5.5	4.1	3.7
Tirosina	5.7	6.0	4.0	3.7
Histidina	2.4	2.2	1.6	1.6
Prolina	7.6	9.8	4.0	4.7
Triptofano	1.8	1.2	2.1	1.9

Fuente: Tetrapk,2000.

El comportamiento de los diferentes tipos de caseínas (α , β y κ) en la leche, al ser tratadas con calor, diferente pH (acidez) y diferentes concentraciones de sal, determinan las características de los quesos, los productos de leche fermentada y las diferentes formas de la leche (condensada, en polvo, etc.).

Las recomendaciones de consumo de proteínas por la OMS (1985), varían de 0.75 g/kg/día para adultos a 1.85 g/kg para niños de 3-6 meses de edad. Ocasionalmente, los niños ó lactantes son alérgicos a la leche debido a que su cuerpo desarrolla una reacción a las proteínas en la leche. La alergia produce erupciones en la piel, asma y/ó desórdenes gastrointestinales (cólicos, diarrea,

etc.). En los casos de alergia, la leche de cabra se utiliza generalmente como sustituto; aun así, algunas veces la leche con caseína hidrolizada debe ser utilizada (Wattiaux, 2004).

LÍPIDOS

La grasa de la leche es la más compleja de los lípidos, y existe en glóbulos microscópicos como una emulsión aceite en agua (National Dairy Council, 2000). Cada glóbulo se encuentra rodeado de una capa de fosfolípidos, llamada membrana del glóbulo de grasa, que evita que los glóbulos se aglutinen entre sí repeliendo a otros glóbulos de grasa y atrayendo agua. Siempre que ésta estructura se encuentre intacta, la leche permanece como una emulsión. La mayoría de los glóbulos de grasa se encuentran en la forma de triglicéridos, formados por la unión de glicerol con ácidos grasos. Las proporciones de ácidos grasos de diferente largo de cadena carbonada determina el punto de fusión de la grasa y por lo tanto la consistencia a la mantequilla que deriva de ella. La grasa de leche contiene principalmente ácidos grasos de cadena corta (cadenas de menos de ocho átomos de carbono) producidas por unidades de ácido acético derivadas de la fermentación ruminal. Esta es una característica única de la grasa de la leche, comparada con otras clases de grasas animales y vegetales. Los ácidos grasos de cadena larga en la leche son principalmente los insaturados, siendo los predominantes el oleico (cadena de 18 carbonos), y los polinsaturados linoleico y linolénico (Wattiaux, 2004a). El ácido linoleico está

presente en leche en una forma que favorece su conversión a ácido araquidonico. El ácido Omega-3 linoleico y productos como ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) se hallan en pequeñas pero significantes cantidades en la grasa de la leche (National Dairy Council, 2000).

Los lípidos de la leche son mayormente triglicéridos, que representan 97-99% del total. Los demás lo forman fosfolípidos y esteroides, especialmente el colesterol (Cuadro 5) (Riel, 1991).

Normalmente, la grasa constituye desde el 3.5 hasta el 6.0% de la leche, variando por la raza de vacas y las prácticas de alimentación. Una ración demasiado rica en concentrados que no estimulan la rumia en la vaca, puede resultar en una caída en el porcentaje de la grasa de 2.0 a 2.5% (Riel, 1991).

Cuadro 5. Perfil lipídico de grasa butírica de leche de vaca

Componente	Leche entera (%)
Glicéridos	3.85
Fosfolípidos	0.0035
Lecitinas	0.021
Cefalinas	0.011
Esfingomielinas	0.003
Cerebrósidos	0.002
Colesterol	0.015
Carotenoides	-

Fuente: Riel, 1991.

Los ácidos grasos predominantes en la leche son los saturados, que forman un 60-70% de los triglicéridos. Los monoinsaturados corresponden al 25 a 30% (Cuadro 6). Dos ácidos grasos (volátiles) de cadena corta, el **butírico** y el

caproico, son los responsables del aroma característico de la leche. La grasa predominante de la leche es la saturada. Por eso se recomienda mejor la leche descremada y semidescremada para adolescentes, adultos y adultos mayores. La grasa saturada como se sabe, no se indica en la prevención ó en el tratamiento de las enfermedades cardiovasculares, responsables por elevadas tasas de mortalidad en nuestro país. Para los niños, la situación es distinta; como ellos necesitan mucha energía, la grasa es una buena fuente, y es en ella donde están las vitaminas liposolubles. Otra consideración importante con la grasa de la leche es su contenido de ácidos grasos en la forma trans (v.g. ácido vacenico), que la grasa de la leche contiene de 2-4%. El Comité de Nutrición de la Sociedad Europea de Gastroenterología Pediátrica y Nutrición, recomienda que el contenido de esos ácidos grasos no sobrepase el 8% del total energético. El comité de Nutrición de la Sociedad Francesa de Pediatría, en 1988, hizo una sugerencia aún más estricta: de 2 a 5% (Chevalier y De La Tullaye, 1995). Estudios recientes han recomendado el consumo de leche descremada para los niños en etapa escolar, pero sólo en regiones de elevada incidencia de enfermedades cardiovasculares, con altas tasas de mortalidad (Cruz y Wong, 1994).

Cuadro 6. Principales ácidos grasos de la leche de vaca

Tipo de ácidos grasos	% en peso de la grasa butírica total
Saturados	
C4 (Butírico)	3.4
C6 (Caproico)	2.0
C8 (Caprílico)	1.2
C10 (Cáprico)	2.8
C12 (Láurico)	3.5
C14 (Mirístico)	11.2
C16 (Palmitico)	16.0
C18 (Esteárico)	11.2
C20 (Araquídico)	1.3
C22 (Behénico)	Trazas
Monoinsaturados	
C14 (Miristoleico)	1.4
C16 (Palmitoleico)	2.7
C18 (Oleico)	27.8
Poliinsaturados	
C18 (Linoleico)	1.4
C18 (Linolénico)	1.1

Fuente: Tetrapak, 2000.

MINERALES Y ELEMENTOS TRAZA

El contenido de sales en la leche se aproxima a 1% en peso y comprende a las sustancias minerales, a los elementos traza y a los citratos; se determina analíticamente como cenizas (Cuadro 7). Respecto a los elementos traza hay que considerar que este grupo de sustancias depende de las condiciones geográficas y de la alimentación, esto es, que está influido tanto por la alimentación como por la raza, el estado de la lactación y la sanidad de la glándula mamaria del animal. Algunos componentes salinos de la leche se encuentran en diferentes estados de solubilización y de unión a otros

componentes de la leche que están dispersos (glóbulos grasos emulsionados), en estado coloidal (micelas de caseína) ó disueltos (entre otros, las proteínas del suero).

Cuadro 7. Contenido medio de componentes salinos y elementos traza en leche de vaca

Componente salino	(g/L)	Elemento traza	(µg/L)
Bicarbonato	0.2	Aluminio	350
Calcio	1.2	Cromo	10
Citrato	2.0	Hierro	300
Cloruro	1.0	Fluor	100
Potasio	1.5	Yodo	40
Magnesio	0.1	Cobalto	0.3
Sodio	0.5	Cobre	100
Fosfato	2.1	Manganeso	30
Sulfato	0.1	Molibdeno	60
		Níquel	25
		Selenio	10
		Silicio	800
		Cinc	4,000

Fuente: Schlimme y Bucheim, 2002.

Se puede diferenciar entre componentes salinos ionizados, que forman complejos, en fase coloidal ó en dispersión, esto quiere decir que se establece un equilibrio entre componentes salinos disociados y no disociados (Figura 4). Este estado de equilibrio denominado equilibrio salino de la leche, depende de la temperatura, y se desplaza al enfriar ó calentar la leche. Al enfriar la leche se produce un leve aumento, reversible, del pH. Al calentar la leche, tanto el grado de descenso del pH como el tiempo y el nivel de recuperación de valores normales dependen del tiempo y la temperatura de calentamiento. La

importancia fisiológica nutritiva de los componentes minerales es muy alta, sobre todo la del calcio (para la prevención de la osteoporosis). Las funciones de las sustancias minerales son el mantenimiento de la presión osmótica y de algunos sistemas tampón. Las sustancias minerales son componentes de estructuras corporales (biominales) y son partícipes importantes de procesos electrofisiológicos (v.g. la transmisión de impulsos nerviosos). En el organismo los elementos traza esenciales participan como cofactores en procesos metabólicos catalizados por enzimas (Schlimme y Búcheim, 2002).

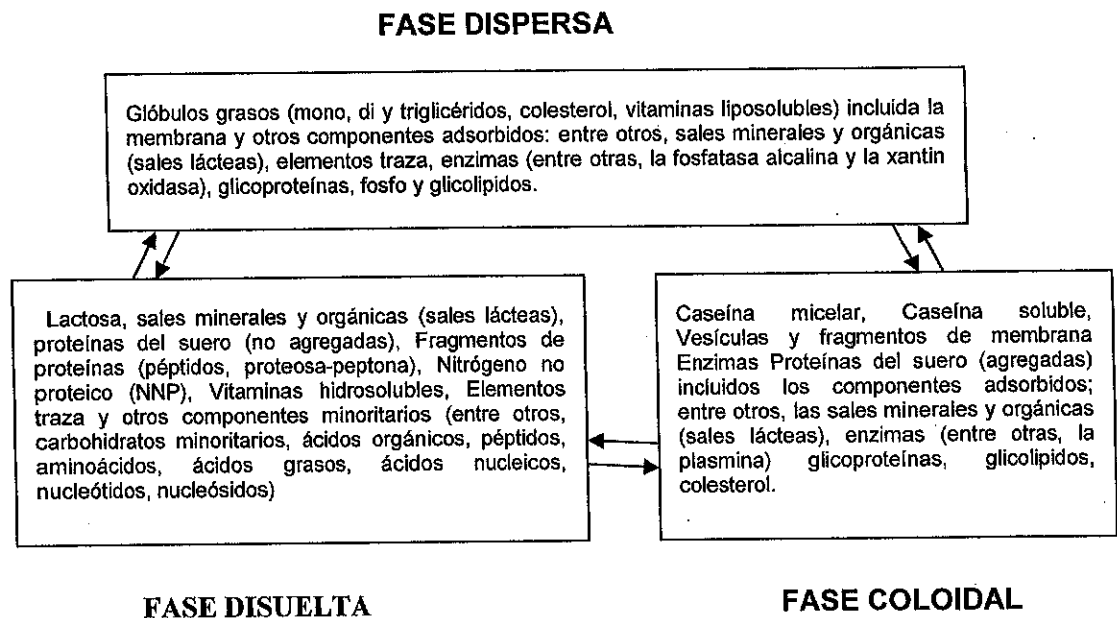


Figura 4. Representación esquemática del equilibrio entre las fases dispersas, coloidales y disueltas de la leche (Fuente: Schlimme y Búcheim, 2002).

VITAMINAS

Las vitaminas son compuestos naturales indispensables desde el punto de vista fisiológico-nutritivo. La leche es una buena fuente de vitaminas, pero la cantidad de las liposolubles depende del contenido de grasa de la leche (Medrano y Hernández, 1994). La vitamina de mayor importancia en la leche entera es el retinol ó vitamina A, cuyo contenido por litro oscila alrededor de 700 UI, dependiendo de la estación del año y de la ración del animal. La leche es también fuente de vitamina D, el contenido por litro varía de 13.7 UI a 33 UI. En los países donde la luz solar es menos frecuente, la ley exige el enriquecimiento con vitamina D, en los trópicos esta práctica es innecesaria. Es importante evaluar el perfil de vitaminas (Cuadro 8) de la leche ofrecida al consumidor y no después de su ordeña o del procesamiento. El motivo principalmente de esto son las vitaminas hidrosolubles pues es importante conocer su composición en la mesa, pues su variabilidad se debe a que varios factores alteran el perfil de esas vitaminas entre la ordeña/procesamiento y el consumo del producto (Díaz y Villanueva, 1992), los principales son:

- Vida de anaquel (shelf life).
- Forma de almacenamiento.
- Tiempo de calentamiento ó pasteurización de la leche.

Cuadro 8. Concentración media de las vitaminas en leche de vaca y porcentaje de las necesidades diarias de un adulto aportadas por la ingestión¹ de 500 mL de leche

Vitamina	Contenido medio (mg/L leche)	Necesidades diarias (% en peso redondeados)
Liposolubles²		
A Retinol	0.3	25
D Ergocalciferol	0.001	15
E Tocoferol	0.9	5
K Filoquinona	0.04	1
Menaquinona		
Hidrosolubles		
B ₁ Tiamina	0.4	15
B ₂ Riboflavina (lactoflavina)	1.6	50
Nicotinamida	1.0 ³	3
Ácido Fólico	0.05	10
Ácido Pantoténico	3.6	25
Piridoxal	0.5	15
Cobalamina	0.005	50
Ácido L-ascórbico	20	15
Biotina	0.04	10

Fuente: Schlimme y Bucheim, 2002.

Además de vitaminas liposolubles, la leche proporciona vitaminas hidrosolubles, las cuales son importantes para regular el metabolismo energético, como la B₁, la B₂ y B₁₂. Se ha verificado que ciertos factores o elementos contenidos en el suero de la leche estimulan la absorción de la vitamina B₁ (tiamina) y del ácido fólico (Singh y Deodhar, 1993). La leche también es buena fuente de riboflavina (B₂). Sin embargo, la presencia de luz la descompone, perdiendo así su actividad. Para reducir esa pérdida es necesario que el envase de la leche sea

¹ La ingesta diaria recomendada de vitaminas está basada en lo recomendado por la OMS, (valor RDA)

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

³ Sin 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 1 mg de niacina.

opaco. Además se ha demostrado que la homogeneización conduce a la fotoestabilidad de la leche y evita la descomposición de la vitamina B₂ (Saidi, 1992).

LA CALIDAD DE LA LECHE

La calidad de la leche cruda es un tema que ha cobrado mucha importancia en los últimos años, especialmente a partir de la apertura de los mercados a productos lácteos de otros países. La industria nacional a fin de estar en condiciones de competir con esos productos ha incrementado los requisitos de calidad de la leche cruda, con el propósito de trasladar esa calidad a los productos finales que llegan a la mesa del consumidor. Considerando que en el país se encuentran establecidas varias cuencas lecheras y se tienen diferentes sistemas de producción, desde los altamente tecnificados hasta los de tipo familiar, es comprensible que se observe una variabilidad en la calidad de la leche que se obtienen en las mismas (Soltero y Álvarez, 2004).

La calidad se puede definir como el cumplimiento de un conjunto de requisitos que permiten la idoneidad para el uso de un producto ó servicio determinado. Esos requisitos corresponden a un conjunto de especificaciones ya establecidas y se relacionan directamente con las diferentes propiedades de cada producto, en particular las que pueden ser cuantificadas (Vega *et al.*, 2003). De esta forma y de acuerdo con la norma mexicana para leche cruda (NMX-F-700-COFOCALEC-2004)-**Características de calidad-** es un conjunto de

propiedades de la leche de vaca, que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades implícitas ó explícitas para su uso y consumo.

Como calidad también se entiende la idoneidad para el uso. Así, en el caso de la leche cruda (branca) debe considerarse su aptitud para ser utilizada en la elaboración de diferentes productos lácteos, como leche pasteurizada, ultrapasteurizada (UHT), en polvo (deshidratada), queso, yogur, helado, mantequilla y otros (Vega *et al.*, 2003).

La calidad de la leche, tanto física como sanitaria, ha mejorado en los últimos años. Un factor que ha contribuido a lo anterior es el cambio registrado en los sistemas de producción, pues al término de la década de 1990 los sistemas productivos lecheros del país reflejan un giro importante considerando que más del 50% de la producción de leche se genera a través de sistemas intensivos, mientras que al inicio de la década sólo el 25% de la producción provenía de este tipo de sistemas. Aunque se tienen avances, queda mucho por hacer, particularmente con pequeños productores que no se encuentran integrados a una empresa y que comercializan su producto a través de intermediarios, con empresas industriales que no exigen requisitos de calidad o que manejan parámetros poco exigentes. Tomando en cuenta que hay un número importante de productores con una calidad de leche lejos de lo que esperan la industria y los consumidores, es necesario promover programas de mejoramiento en establos, de tal manera, que se puedan resolver los problemas que inciden

directamente en la calidad de la leche (Soltero y Álvarez, 2004).

Es así que al aumentar la demanda de los consumidores por leche segura y de más alta calidad, se ha puesto una gran responsabilidad en los productores, comercializadores y empresas manufactureras para producir y comercializar leche y productos lácteos seguros (Jayarao *et al.*, 2001).

CALIDAD FISICOQUÍMICA DE LA LECHE

La leche fresca tiene un color blanco amarillento, el cual es atribuido a la grasa de la leche, mismo que desaparece cuando la mayor parte de grasa es retirada. El sabor de la leche es ligeramente dulce debido a la presencia de lactosa. La leche del ganado cerca del final del periodo de lactancia puede tener un sabor ligeramente amargo y salado. Las leches frescas tibias llevan el olor del cuerpo de la vaca, pero éste desaparece cuando ésta se enfria (Mayora, 2003).

Son numerosos los factores que pueden causar la pérdida de calidad de la leche. El cuidado en la extracción desde el animal (higiene, sanidad) y su almacenaje son los primeros requerimientos. Factores tales como el enfriamiento, agitación y lavado del tanque enfriador de leche juegan un papel importante especialmente con relación al almacenaje de la leche. A continuación se describen los parámetros de calidad para leche cruda y su especificación de acuerdo con la NMX-F-700-COFOCALEC-2004. SISTEMA PRODUCTO LECHE – ALIMENTO LÁCTEO – LECHE CRUDA DE VACA – ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS, SANITARIAS Y MÉTODOS DE PRUEBA.

TEMPERATURA

En general se puede decir que el tanque enfriador de la leche debe ser capaz de mantener la calidad de la leche tal cual fue extraída. Es erróneo el concepto de que el enfriamiento de la leche puede mejorar la calidad de una leche de baja calidad, éste solo conserva la calidad extraída. De acuerdo a la NMX-F-700-COFOCALEC-2004, una vez obtenida la leche cruda ésta se debe filtrar y refrigerar lo más pronto posible, preferentemente a una temperatura de 4°C o menor sin llegar a la congelación.

Dentro de la gran diversidad de criterios de calidad considerados en la evaluación de la leche sobre las cuales se determina su precio, mencionamos tres importantes que son influenciados por el tanque enfriador de leche.

- a). Contenido bacteriano
- b). Separación de la grasa
- c). Residuos de desinfectantes

Mientras más rápido sea el enfriamiento, menos oportunidad tendrán las bacterias para multiplicarse y mayor será el lapso que la leche pueda ser almacenadas en el tanque. Un alto recuento bacteriano incidirá en una reducción del precio de la leche. Ambos, enfriamiento y limpieza del tanque enfriador de leche, junto con otros factores, determinará el recuento bacteriano final de la leche, y por tanto del precio que el ganadero alcanzará por su leche.

El enfriamiento de la leche tiene como objetivos, el suministro de una buena calidad organoléptica (visualmente color y olor), limitado contenido bacteriano y de ácidos grasos libres, los cuales son importantes para el consumidor final, todo esto en conjunto para mantener una buena calidad de la leche y conservarla por un tiempo bastante largo (2 a 3 días), y proveer leche de calidad. Todos estos requerimientos deben cumplirse y para ello el enfriamiento de la leche es indispensable.

Debido a que la leche se almacena a baja temperatura en el establo, el problema de la separación de la grasa se ha vuelto más frecuente. Si en el diseño del tanque enfriador de leche se presta atención al sistema de agitación de leche fría, el congelado y exclusión del aire, el tanque de leche contribuirá a disminuir la separación de la materia grasa.

La calidad de la leche a baja temperatura está significativamente determinada por la velocidad a la cual es enfriada bajo ciertas condiciones críticas. Esto deberá recordarse ya que el enfriamiento de la leche está siempre asociado con la agitación de la misma. Las dos condiciones más importantes del enfriamiento son:

- La temperatura de la leche deberá abatirse debajo de los 10°C tan rápido como sea posible con el fin de prevenir lo más pronto posible la agitación de la leche tibia y además prevenir el rápido crecimiento de las bacterias.

- La temperatura de la leche “caliente” deberá ser llevada a una temperatura de almacenamiento de 4°C tan rápido como sea posible, con el fin de inhibir la multiplicación de las bacterias.

En el segundo punto es importante considerar los géneros de bacterias llamadas psicotróficas las cuales son tolerantes al frío (pertenecen al grupo de los mesófilos, su temperatura óptima de crecimiento es entre los 20 y 42°C, reducen la vida útil de la leche de consumo pasteurizada, incluso si se conserva en frío, como ejemplo están las *Aeromonas*, *Flavobacterias*, entre otros generos) y psicófilas dependientes del frío (por ejemplo, *Pseudomonas*) (Ellner, 2000). Éstas forman el grupo más perjudicial de bacterias para la industria láctea ya que se reproducen relativamente rápido a temperaturas de 7°C $\pm$ 2°C. El género predominante de este grupo es el de las *pseudomonas*, las cuales afectan especialmente la vida útil de los productos lácteos frescos refrigerados. Por otro lado, las bacterias psicófilas crecen mejor a temperaturas de refrigeración, esto es, entre los 4 a 15°C (Mayora, 2003).

DENSIDAD (a 15°C, g/mL)

La densidad, *D*, es una propiedad física de la materia y se define como la relación, a una temperatura dada, de la masa, *M*, de una sustancia, a su volumen, *V*, y se expresa de acuerdo a la ecuación 1 (Ramos, 1976). Este parámetro está relacionado con el contenido de materia seca. Una leche pobre en materia seca tendrá una baja densidad. Sin embargo, este valor está influido

por el contenido de grasa, ya que una leche enriquecida en materia grasa tendrá una densidad baja (Ávalos, 2002).

$$D = \frac{M}{V} \text{ Ecuación } 1$$

Donde:

D = Densidad (g/mL)

M = Masa (g)

V = Volumen (mL).

La densidad que se mide en la leche es una densidad relativa, es decir, el cociente que resulta de dividir la masa de un volumen de leche, entre la masa de un volumen igual de agua, a una temperatura dada. Si la temperatura de la leche es mayor de 15°C, se deben adicionar 0.002 g/mL, por cada grado de exceso; si es menor de 15°C, restar la misma cantidad, por cada grado menos. Para poder juzgar una leche, hay que hacer determinaciones confirmativas más precisas. Se puede sospechar, aunque no afirmar, el aguado y descremado de la leche.

Existen factores que pueden hacer variar la densidad, los más importantes son: la temperatura a la que se hace la lectura y la composición propia de la leche (Cuadro 9).

Cuadro 9. Densidad relativa de los componentes de la leche a 15°C

Componentes	Densidad relativa (g/mL)
Grasa	0.930
Lactosa	1.666
Ácido cítrico	1.666
Sólidos no grasos	1.616
Proteínas	1.346
Cenizas	5.500

Fuente: Ramos, 1976.

Una leche naturalmente baja en grasa, tendrá una densidad menor que una rica en grasa. Aparentemente esto debería ser a la inversa, debido a la baja densidad de la grasa, pero en la leche normal cuando aumenta la grasa, también se incrementan proporcionalmente los sólidos no grasos, y las densidades combinadas de los diferentes componentes de la leche compensan de sobra el efecto deprimente de la grasa. En cambio una leche descremada sí tiene una densidad mayor, porque se le sustrae grasa, pero quedan los sólidos no grasos. La relación de grasa (G) a sólidos no grasos SNG en la leche mezclada de un establo es: $SNG = 0.4G + 7.07$. Para México la densidad de la leche mezclada de diferentes vacas, oscila entre 1.0275 a 1.0340g/mL, con un valor medio de 1.0310g/mL. La densidad normal de la leche descremada va de 1.0335 a 1.0385g/mL con un valor medio de 1.0360g/mL (Ramos, 1976). De acuerdo a la NMX-F-700-COFOCALEC, 2004, el valor mínimo de densidad para leche cruda de vaca a 15°C es 1.0295 g/mL.

GRASA BUTIRICA

En México la legislación sanitaria establece que la leche para consumo humano deberá contener únicamente grasa propia de la leche. La leche se considera genuina y no adulterada, cuando desde la producción hasta el consumo no se alteran de forma voluntaria sus constituyentes naturales, ni se hacen manipulaciones destinadas a ocultar algún defecto de calidad (Vega *et al.*, 2003).

A la grasa de la leche se le denomina grasa butírica y es uno de sus principales componentes. Se encuentra en gran cantidad en la crema y todavía en mayor proporción en la mantequilla. Hasta hace unos cuantos años se le consideraba, y todavía así sucede en muchos países, como el componente más importante y más caro de la leche, y constituye la base de pago para la compraventa de ésta, pues a mayor porcentaje de grasa en la leche, mayor precio recibe el productor; de aquí su gran importancia económica y también el enorme interés que tiene para la industria su determinación en el laboratorio. En la leche, la grasa se encuentra emulsificada en la forma de pequeños glóbulos, cuyo diámetro oscila entre 0.1 y 14 micras, el 80% de los cuales cae en el rango de 2 y 5 micras de tamaño. Una gota de leche puede contener hasta 100,000,000 de glóbulos de grasa. Estos glóbulos tienen una estructura peculiar, la cual se caracteriza en esencia por una única envoltura mixta, compuesta de proteínas y fosfolípidos, principalmente lecitina (Ramos, 1976).

Es casi imposible establecer los valores normales de contenido graso en la leche, pues son sumamente variables. Entre los principales factores que influyen en estos cambios se pueden mencionar: raza de ganado, herencia, salud y edad de los animales, tipo de alimentación recibida, periodo de lactancia y de gestación, frecuencia de la ordeña, intervalo entre las ordeñas, condiciones climatológicas, individualidad de la vaca, entre otras (Ramos, 1976).

De modo general, se acepta que uno de los factores más importantes del cual depende la composición de la leche, es la raza de ganado, y es así como la leche producida por diferentes razas tiene grandes variaciones en su composición química (Cuadro 10). Asimismo, son muy importantes las líneas genéticas, ya que en la actualidad, y gracias a los grandes progresos realizados en este campo, se han ido desarrollando estirpes de ganado en las cuales se ha conseguido mejorar, por cruzas controladas, tanto la calidad como la cantidad de leche proveniente de esos animales, logrando así familias de alta producción de leche y grasa.

Cuadro10. Contenido de grasa y proteína en leche de diferentes razas de ganado bovino

Raza	Observaciones	Grasa (g/100g)		Proteína (g/100g)	
		Media	Desv. Estándar	Media	Desv. Estándar
Ayrshire	3362	3.99	0.33	3.34	0.29
Brown Swiss	2621	4.16	0.35	3.53	0.26
Guernsey	6959	4.87	0.45	3.62	0.29
Holstein	9102	3.70	0.39	3.11	0.25
Jersey	6354	5.13	0.54	3.80	0.30

Fuente: Wong y Jenness, 1988.

La grasa varía casi de día en día, aún en vacas de un mismo establo. El contenido graso es menor en invierno y primavera que en verano y otoño, declina con la edad, y también al principio de la lactancia, después de lo cual empieza a ascender hasta alcanzar su máximo contenido al final de ella. Hay variaciones dentro de la misma ubre, así se observa que en las primeras porciones de leche ordeñada pueden contener 1.1% de grasa, mientras que las últimas pueden llegar hasta 11.5%. Por otro lado, la leche ordeñada en la tarde es en general más rica en grasa que la obtenida en la mañana (Ramos, 1976).

Existen varios métodos para cuantificar la grasa butírica: el Rose Gottlieb, el Babcock, el Gerber y métodos instrumentales con base en la tecnología del infrarrojo. Uno de los más empleados es el de Gerber, aprobado por la Federación Internacional de Lechería (FIL), que es el más difundido en la industria láctea en México y mediante el cual se determina la grasa en la empresa "Alimentos La Concordia S.A de C.V", conjuntamente con el equipo automatico Milko Scan de la empresa Foss. Para el método Gerber se utiliza,

ácido sulfúrico comercial, cuya densidad se ha ajustado a 1.815 –1.820, a 15°C. Generalmente el ácido sulfúrico comercial tiene una densidad entre 1.825 y 1.840. Para ajustarlo a la densidad requerida es necesario diluirlo con agua, -lo cual hay que hacerlo con mucha precaución- para evitar que el ácido se proyecte hacia afuera del recipiente, por la fuerte reacción exotérmica involucrada. También se necesita alcohol isoamílico de densidad 0.88 a 15°C. Punto de ebullición 130°C, y libre de aceite y aldehídos.

Los siguientes son los pasos que deberán seguirse para la determinación de la grasa butírica por el método de Gerber (Ramos, 1976)

1. Coloque 10mL de ácido sulfúrico, de la densidad especificada en el butirómetro, con una pipeta ó por medio de bureta automática.
2. Añada lentamente 11mL de la leche a muestrear, dejándolos resbalar por un costado del butirómetro, inclinado en ángulo de 45°, para evitar que se carbonicen las primeras porciones de leche, al entrar en contacto brusco con el ácido y dificulten posteriormente la lectura.
3. Añada 1mL de alcohol isoamílico especial, medido con pipeta ó bureta.
4. Tape el butirómetro y mezcle su contenido, hasta completa disolución del coagulo, invirtiéndolo varias veces, con cuidado, a fin de evitar que el tapón se proyecte hacia fuera.
5. Coloque los butirómetros en la centrífuga, balanceando el lado opuesto con otro butirómetro, en el cual se pueden hacer simultáneamente otra determinación, ó en su defecto llenarlo con agua igualando el peso. Centrifugue por 3-5 minutos a 1000-1200 revoluciones por minuto.

6. Saque los butirómetros y colóquelos durante unos minutos en un baño de agua a 60° (en climas tropicales, este paso es innecesario)
7. Haga la lectura de la columna transparente de grasa separada, de la parte interior de ella a la parte inferior del menisco superior. Para hacerla lo más correcta posible, se aumenta ó disminuye la presión en el tapón por medio del ajustador, hasta que la parte inferior de la columna de grasa se encuentre paralela a una de las divisiones mayores.

En un estudio estadístico de 21,470 muestras de leche tomadas en tres años consecutivos, llevado a cabo por Ramos (1976) se obtuvieron los siguientes datos:

Media ponderada general⁴ de tres años: 35.66 g de grasa/litro de leche.

Media ponderada máxima de tres años: 37.27 g de grasa/litro de leche.

Media ponderada mínima de tres años: 33.70 g de grasa/litro de leche.

Debido a que en México casi la totalidad de la leche procesada comercialmente proviene de vacas Holstein-Friesian, los valores que aquí anotamos corresponden a leche mezclada de vacas de esta raza, localizadas en general, en la cuenca lechera que provee a la zona metropolitana de la ciudad de México. Con base en la actual NMX-F-700-COFOCALEC, 2004, se pueden distinguir tres categorías para grasa butírica, como sigue:

Clase A, mayor ó igual a 32 g/L

Clase B, Mínimo 31 g/L

Clase C, Mínimo 30 g/L

⁴ En estadística se entiende por media ponderada, el resultado de multiplicar cada uno de los valores que se van a promediar, por el número de veces o frecuencias, con que aparece cada uno de ellos; los productos de dichas multiplicaciones se suman y esta suma se divide entre el número total de frecuencias.

PUNTO CRIOSCÓPICO

Se reconoce en general que el punto de congelación ó punto crioscópico, como también se le llama, es la menos variable de las propiedades de la leche, y además, la determinación física más exacta para poder dictaminar si la leche está adulterada con agua (Ramos, 1976). La adulteración de la leche por agregado de agua siempre ha sido un aspecto muy controvertido en las relaciones entre el productor y comprador, y ello puede deberse a la carencia de métodos precisos para definir el aguado y su magnitud (Vega *et al.*, 2003).

El establecimiento en la mayoría de los países, de los sistemas de pago de la leche según calidad, y el desarrollo cada vez mayor del control lechero para una mejor selección del ganado productor, han traído como consecuencia un importante aumento del número de parámetros a examinar en cada muestra. Esto ha obligado a los laboratorios encargados de dichos análisis a revisar y actualizar sus procedimientos analíticos para adecuarlos a nuevas exigencias. Una alternativa desarrollada en los últimos años es la técnica de la crioscopia, mediante la cual se determina el punto de congelación de la leche con un equipo automatizado llamado crioscopio (Vega *et al.*, 2003).

El método para la determinación del punto de congelamiento de la leche se especifica en la Norma FIL/IFD 10813:199/14 y puede aplicarse a la leche

entera, a la leche parcialmente descremada, a la descremada ya sea cruda ó pasteurizada, UHT ó esterilizada, para lo cual debe tenerse en cuenta que los tratamientos con calor al vacío pueden modificar el punto de congelación de la leche. El punto de congelación de la leche está determinado por la concentración molecular de las sustancias disueltas. Al enfriar una solución diluida se alcanza eventualmente, una temperatura en la cual, los solutos comienzan a separarse. Este principio es aplicable a la leche, por ello su punto de congelación es ligeramente más bajo que el del agua pura, gracias a la contribución de la lactosa, los cloruros y otras sales minerales que contiene. Si este equilibrio es modificado, el punto de congelación varía. La dilución progresiva de la leche con agua provoca un punto de congelación más cercano al del agua pura, es decir el valor va aumentando en forma proporcional a la cantidad de agua añadida hasta alcanzar 0°C (Vega *et al.*, 2003).

Las concentraciones de lactosa y cloruros en la leche son responsables de aproximadamente el 75% de las depresiones del punto de congelación, y una, tiende a compensar a la otra. La mayor variabilidad del punto de congelación se atribuye a cambios en la concentración de la fracción no-cloruros de las cenizas de la leche. Otros factores que hacen variar el punto de congelación de la leche son, la estación del año, temperatura ambiente, condiciones climáticas, alimentos concentrados, pastoreo, accesibilidad de la vaca al agua, contenido de carbohidratos en su ración, raza del ganado, hora de ordeña e intervalo

entre la alimentación y la ordeña. Es importante mencionar que muchos de estos factores están íntimamente relacionados. Mientras que Loor *et-al.* (1999) menciona dentro de las principales causas de la alteración del punto crioscópico las siguientes:

- Drenaje incompleto del equipo de ordeño,
- Ordeño de vacas mojadas o uso excesivo de agua durante la limpieza,
- Olvidarse de abrir la válvula del tanque de almacenamiento para que el agua se drene,
- Lavado de la tapa del tanque de enfriamiento,
- Lavado automático de las tuberías de leche cuando todavía hay succión,
- Congelamiento de agua dentro del tanque de almacenamiento,
- Empaques defectuosos en los platos de enfriamiento (algunas marcas)
- Vacas con excesiva pérdida de peso o en baja condición corporal debido a que se las mantiene en pastoreo, o porque el contenido energético del concentrado con que se las suplementa es demasiado bajo.

La leche se congela a una temperatura más baja que la del agua, normalmente esto ocurre a un valor de -0.540° Horvet ($^{\circ}$ H), igual a -0.521° C, mientras que la lectura del punto de congelación del agua pura es de 0.000° C. Por consiguiente la adición de agua a la leche implica un incremento en su punto de congelación, es decir se acerca a 0.000, como se puede ver en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Punto de congelación y agua añadida a la leche

Lectura del punto de congelación (°H)	Agua añadida (%)
-0.540	0
-0.535	0.9
-0.530	1.9
-0.525	2.8
-0.520	3.7
-0.515	4.6
-0.510	5.6
-0.505	6.5
-0.500	7.5

Fuente: Ponce, 1989.

A valor de -0.515°C corresponde un valor de -0.535°H (Horvet)

La aplicación de este método se basa en establecer un punto crítico que no se debe sobrepasar; de lo contrario, el productor de leche recibirá penalización por aguado y sus ingresos podrán ser menores. Este punto es de -0.540°H en la mayor parte de Europa, los Estados Unidos de América y algunos países latinoamericanos. En el caso de México, el numeral XII del artículo 249 del RCSAEPyS estipula que el punto crioscópico de la leche debe estar en un rango de -0.530 a -0.560°H .

Ramos (1976), encontró en más de 1000 determinaciones, que el valor promedio de crioscopía para leches mezcladas de diferentes vacas, del mismo establo, en la cuenca que surte la ciudad de México es de -0.540°H .

Al respecto la NMX-F-700-COFOCALEC, 2004, establece que la crioscopía en la leche cruda deberá estar entre -0.515°C (-0.535°H) a -0.536°C (-0.560°H).

SÓLIDOS TOTALES Y SÓLIDOS NO GRASOS

Sólidos Totales: Se da este nombre a todos los componentes de la leche excepto al agua.

Sólidos No Grasos: Son todos los componentes de la leche, con excepción del agua y lípidos. Debido a esto sus variaciones están condicionadas a las modificaciones ya anotadas para otros componentes de la leche, tales como la grasa, lactosa y proteínas.

Los factores que tienen mayor influencia sobre los SNG son, la edad de la vaca, etapa de lactancia, estado general de la salud y la alimentación.

Edad de la vaca: La calidad de la leche declina con cada lactancia sucesiva, tal vez se debe a las mayores producciones dadas por vacas de mayor edad.

Etapas de lactancia: Durante el primer mes después del parto, tanto la grasa como los sólidos no grasos, son más bien altos, pero cuando la producción alcanza su máximo en 6-8 semanas, bajan de modo considerable. En el Cuadro 12 se puede apreciar los cambios que sufren los componentes de la leche en cantidad con el paso de los días.

Salud de la vaca: Cuando ésta se altera, también se modifica el contenido de sólidos no grasos, como en los casos de mastitis subclínica, donde los SNG disminuyen notablemente (Ramos, 1976).

Cuadro 12. Cambios en la composición de la leche de acuerdo al número de ordeño

Componente	Número de ordeño					
	1	2	3	4	5	11
	<u>Calostro</u>	<u>Leche de transición</u>			<u>Leche entera</u>	
Sólidos Tot, %	23.9	17.9	14.1	13.9	13.6	12.5
Sólidos N.G %	17.2	12.5	10.2	10.2	10.1	9.3
Grasa, %	6.7	5.4	3.9	3.7	3.5	3.2
Proteína, %	14	8.4	5.1	4.2	4.1	3.2
Anticuerpos, %	6	4.2	2.4	0.2	0.1	0.09
Lactosa, %	2.7	3.9	4.4	4.6	4.7	4.9
Minerales, %	1.11	0.95	0.87	0.82	0.81	0.74
Vitamina A, ug/dl	295	-	113	-	74	34

Fuente: Watiaux, 2004a.

Alimentación: Ciertas deficiencias de alimentación pueden disminuir el contenido de sólidos no grasos y grasa. Los animales son genéticamente capaces de dar leche de una composición química definida, y si ya están alimentados balanceadamente, la cantidad y calidad de leche que producen no puede mejorarse por medio de la alimentación extra. A causa de una alimentación deficiente, o por inanición, se puede reducir grandemente el contenido de sólidos no grasos (Ramos, 1976).

Como hemos visto es muy variable el contenido de sólidos totales y sólidos no grasos, así de acuerdo a un estudio realizado por Ramos (1976) en leches de

mezcladas provenientes de 30 diferentes establos de ganado Holstein-Friesan, se encontraron los siguientes valores (Cuadro 13).

Cuadro 13. Contenido de sólidos totales y sólidos no grasos en algunas leches de vaca

Valores	Sólidos Totales g/L	Sólidos No grasos g/L
Valor máximo	129.6	90.2
Valor mínimo	111.1	76.0
Valor promedio	118.9	82.2

Fuente: Ramos, 1976.

La NMX-F-700-COFOCALEC, 2004, especifica como valor mínimo para sólidos no grasos en leche cruda de vaca, 83 g/L, y los sólidos totales dependen del grado de clasificación de grasa al que se esté haciendo referencia, de tal forma que tenemos para la clase A un valor igual ó mayor a 115 g/L, para la clase B tenemos 114 g/L como mínimo y para la clase C 113 g/L como valor mínimo. Actualmente su determinación se realiza en equipos automáticos como el Milko Scan. Normalmente, el contenido de sólidos totales no es un parámetro que influya en el pago de la leche por calidad, y a menos que se encuentren valores muy extremos, se realizan análisis minuciosos por alguna otra metodología como por el Método Ramos-Córdova ó el Método A.O.A.C⁵ para sólidos totales en leche.

⁵ Este método consiste en determinar el peso específico aproximado con el lactómetro de Quevenne (leyendo la parte superior del menisco); anote la temperatura y corrija la temperatura a 15.5°C. Calcule el porcentaje de sólidos totales aplicando la fórmula. $0.25 L + 1.2G = ST$

En donde L es la lectura corregida del lactómetro y G el porcentaje de grasa en la leche.

También se puede calcular a partir de la tabla 15, en Ramos, (1976).

LACTOSA

La lactosa es el principal carbohidrato de la leche y se forma en la glándula mamaria a partir de la glucosa. A la temperatura del cuerpo de la vaca, la lactosa se encuentra en la leche como una mezcla en equilibrio de dos partes de alfa lactosa y tres de beta lactosa. En la glándula mamaria, parte de la glucosa se convierte en galactosa, lo que se apoya en el hecho de que en el torrente circulatorio no se encuentran cantidades apreciables de este último azúcar. Ya formada la galactosa, se une con la glucosa y al perder una molécula de agua forma la lactosa. Durante la secreción láctea, el trasudado que se separa de la sangre tiene la misma presión osmótica que ésta, de aquí la importancia de la lactosa en la secreción de leche, puesto que la presión osmótica se debe casi exclusivamente a la lactosa y sales solubles en la leche, y la relación entre una y otra es reciproca, es decir, la lactosa aumenta cuando las sales solubles disminuyen, y viceversa. La presión osmótica del plasma de la vaca y la leche son iguales; más o menos 6.6 atmósferas. La lactosa puede determinarse gravimétrica, volumétrica o polarimétricamente por el método de Wiley⁶. Sin embargo en la actualidad se determina mediante equipos automáticos como el Milko Scan (Foss Electric Denmark).

⁶ La técnica consiste en pesar dos porciones de 65.8 g (dos pesos normales de lactosa) en dos vasos tarados y bájelos cuantitativamente con agua, a dos matraces volumétricos: uno de 100 y el otro de 200 mL; agregue a cada matraz 20 mL de solución ácida de nitrato de mercurio o 30 mL de solución de yoduro de mercurio.

Al matraz de 100 mL añádale solución al 5% de ácido fosfotúngstico hasta la marca; al de 200 mL, 15 mL de la solución fosfotúngstica y afore a 200 mL con agua destilada. Agite frecuentemente durante 10-15 minutos, filtre por filtro seco y polarice.

Haga las lecturas polarimétricas de los filtrados anteriores, en tubos de polarímetro de 200 y 400 mm respectivamente a 20°C exactos. De la lectura obtenida en el tubo de 200 mm reste la lectura obtenida en el tubo de 400 mm y multiplique la diferencia por 2. El resultado de esta multiplicación, réstelo del valor obtenido en la lectura del tubo de 200 mm; divida el resultado entre dos y obtendrá el por ciento de lactosa.

El contenido promedio de lactosa para leches en México es de 4.6 a 4.9%, aunque puede tener variaciones extremas que oscilan entre 2.4 y 6.0% (Ramos, 1976), mientras que la NMX-F-700-COFOCALEC, 2004, para leche cruda, establece un rango de 4.3 a 5.0%.

CALIDAD SANITARIA DE LA LECHE CRUDA

La leche es un alimento de indiscutible calidad nutricional. Pero la leche de mala calidad microbiológica puede ser causante de enfermedades, y muchas incluso graves. La leche es un excelente medio de cultivo de microorganismos, incluso para hongos y levaduras. Por eso es necesario someterlo a procesos térmicos, para asegurar su calidad nutricional y destruir esas bacterias, principalmente las patógenas. A temperaturas entre 7°C y 60°C, las bacterias patógenas y los microorganismos productores de toxinas crecen rápidamente. Por lo tanto, sólo es posible prevenir o impedir el aumento de bacterias patógenas, presentes en la leche pasteurizada.

La calidad de la leche de vaca empieza por el control sanitario de los animales y de la ordeña. Entre los factores que influyen en la cantidad de microorganismos presentes en la leche pasteurizada (Tetra Pak, 2000) son:

1. Las condiciones de higiene del animal y del ambiente.
2. Higienización de los depósitos de transporte.
3. Tiempo entre la ordeña y el acondicionamiento del producto.
4. Eficiencia del procesamiento.

5. Transporte a bajas temperaturas.
6. Almacenamiento de la leche en el punto de venta y en la casa del consumidor, a baja temperatura (refrigerada).

La microflora que contamina la leche, tras el ordeño, no suele desarrollarse sino al cabo de un determinado tiempo de conservación de ésta a temperatura ambiente; a esto se le conoce como la fase de adaptación. Esta fase tiene una duración muy variable, según las muestras de leche de vaca; a veces dura varias horas y en otras ocasiones no existe. En determinados casos, se observa una disminución aparente del número de bacterias durante las horas que siguen al ordeño; probablemente es una consecuencia de la aglutinación⁷ (Alais, 1997).

Son varias las especificaciones sanitarias que la industria láctea pide a los productores, para poder acceder a mejor precio por la venta de su leche, de esta forma mencionaremos los especificados en la norma para leche cruda, NMX-F-700-COFOCALEC, 2004.

SEDIMENTOS

La prueba de sedimentos es de las que comúnmente se denominan pruebas de andén. Por medio de ella, podemos darnos cuenta, a grandes rasgos, del cuidado e higiene con que se ha obtenido la leche.

Hay diferentes maneras de determinar el sedimento de una muestra; la más

⁷ Proceso mediante el cual las aglutininas (anticuerpos), son susceptibles de aglutinar a las bacterias sensibles de una manera específica. Las aglutininas inmovilizan a bacterias sensibles, formando masas agrupadas que son arrastradas a la superficie con los glóbulos grasos (formación de nata). El resultado es una verdadera inhibición de estas bacterias por separación física.

sencilla consiste en examinar el fondo de una botella de leche sin agitar, para observar el sedimento asentado. Las otras determinaciones se hacen por medio de aparatos especiales, o bombas de vacío acopladas a matraces ó recipientes con filtros, esta última es la que normalmente se utiliza en la industria láctea en México.

Entre los aparatos más usados está el sedimentador estándar americano, cuya técnica⁸ es muy sencilla y los resultados se comparan con la tabla de la American Public Health Association (APHA), la cual consta de 8 discos. El primer disco tiene 0 mg y el 8º 12 mg. Aunque una leche con sedimento abundante, revela una ordeña sucia y un manejo poco higiénico, la ausencia de él no es prueba contundente de una ordeña limpia y una manejo adecuado, ya que las partículas visibles que forman el sedimento (estiércol, pelos, forrajes, insectos, tierra, etc.) pueden haber sido eliminados por coladeras y clarificadoras. Tampoco debe pensarse que una leche libre de sedimentos, tendrá una cuenta bacteriana baja, pues normalmente muchas de las fuentes de contaminación microbiana, son invisibles para el ojo humano (Ramos, 1976).

Loor (1999) menciona que los niveles aceptables de sedimentos rodean los 1.5 mg/galón de leche. El pelo de la ubre debe cortarse, los pezones y la ubre deben limpiarse y desinfectarse, y las pezoneras deben ser adecuadamente acopladas y removidas. Hatos de ganado lechero con una gran cantidad de

⁸ Ajuste el disco de algodón al sedimentador y pase por el aparato la muestra problema previamente calentada a 32-30°C. Saque el disco de algodón y móntelo en una placa de cartón con celofán. Haga la comparación con los discos de la APHA.

cabezas deben hacer una pausa durante el ordeño y cambiar los filtros necesarios.

Según la APHA los valores normales son los siguientes:

Grado 1 (0.0mg),

Grado 2 (0.1-0.5mg),

Grado 3 (0.6-2.4mg),

Grado 4 (2.5mg o más).

Mientras que la norma mexicana para leche cruda NMX-F-700-COFOCALEC, 2004, maneja que la leche debe ir libre de materia extraña.

ACIDEZ

Lo que habitualmente se conoce como acidez de la leche es el resultado de una valoración; se añade a la leche el volumen necesario de solución alcalina valorada para alcanzar el punto de viraje de un indicador, generalmente la fenolftaleína que vira del incoloro al rosa tenue hacia pH 8.4. Se trata de un nivel arbitrario.

La acidez titulable es la suma de cuatro reacciones, las tres primeras representan la acidez natural de la leche, que equivale como término medio a 18 ml de solución normal (N/1) por litro de leche (Alais, 1997).

Acidez natural. Inmediatamente después de ordeñada, la leche tiene una

reacción un poco ácida. Esta reacción es causada por la caseína, albúmina, fosfatos, citratos y anhídrido carbónico disueltos en ella, estas reacciones se han designado con el término de *over run*. Sus valores medios son de 13 a 17°D⁹, aunque estos límites pueden oscilar dentro de un margen más amplio, dependiendo de la raza del ganado. En general la leche que proviene de razas altamente productoras de grasa, tendrá acidez mayor, por su elevado contenido se sólidos no grasos y en particular caseínas y fosfatos (Ramos, 1976).

La acidez real no puede medirse por titulación, sino por la determinación de la concentración de iones hidrógeno o pH, lo que se determina por medio de un potenciómetro; el valor promedio del pH de leche recién producida es de 6.4 a 6.9. La leche se coagula al alcanzar un pH de 4.6 a 4.7 que es el punto isoeléctrico, de precipitación de la caseína. La leche procedente de vacas mastíticas es ligeramente alcalina, y puede llegar a tener un pH de más de 7.6. El calentamiento de la leche causa una ligera elevación del pH o baja de la acidez, a causa de la pérdida de algo del anhídrido carbónico que había disuelto en ella (Ramos, 1976).

Acidez desarrollada: Ésta se debe al ácido láctico y a otros ácidos procedentes de la degradación microbiana de la lactosa en las leches en vías de alteración (Alais,1997). Cualquier aumento del ácido láctico se debe al desdoblamiento de la lactosa en este ácido, por la acción de las bacterias acidolácticas. Esta acidez se conoce con el nombre de titulable, y se determina

⁹ 1°Dornic = 1 mg de ácido láctico en 10 c.c. de leche, o sea 0.1 g/litro, o 0.01% de ácido láctico en peso.

por titulación directa con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1Normal. De lo anteriormente expuesto deducimos que lo que en realidad medimos al hacer una determinación rutinaria de acidez, es la cantidad de álcali necesaria para alcanzar el pH de 8.3, que es el punto donde vira la fenolftaleína, de incolora a rosa; esto es, la medida de la capacidad buffer o tampón de la leche, mas no el ácido láctico en sí.

Así una leche con acidez alta contiene un gran número de bacterias, y puesto que éstas entran a la leche por descuidos al obtenerla y manipularla, la prueba de acidez provee una idea general de la higiene con que ésta fue producida, o también de las condiciones deficientes de refrigeración durante su transporte.

La acidez es la prueba¹⁰ de rutina que más aplicación práctica tiene en la industria, ya que casi todas las operaciones que se relacionan con el manejo de leche y sus derivados dependen de la cantidad de ácido presente. La medición de la acidez parece ser muy fácil, pero también puede ser de gran imprecisión, debido a varias causas de error como la opacidad de la leche (Alais, 1997):

- a) La cantidad de indicador influye mucho; se puede comprobar una diferencia de 3°D (0.3 c.c de NaOH N/9) empleando una gota solamente

¹⁰ Mida 9 mL con la pipeta y póngalos en la cápsula de porcelana o el matraz. Aunque usualmente se miden 9 mL es más correcto pesar 9 g.

Para la titulación añada 5 gotas de fenolftaleína.

Titule con NaOH 0.1N hasta que aparezca un color rosado, el cual deberá persistir durante 10 a 15 segundos.

La cantidad de mL de NaOH 0.1N gastados se señala directamente como g % de ácido láctico.

Si el volumen de leche titulado no fuera de 9 mL, aplique la siguiente fórmula para calcular la acidez: $g\% = (\text{mL de NaOH 0.1N gastados} \times 0.009/\text{g de muestra}) \times 100$

(19°D) o 10 gotas (16°D) de solución de indicador. Es preciso utilizar siempre la misma cantidad, por ejemplo, 0,1 c.c. de solución de fenolftaleína al 1% en alcohol de 95° (y no contar las gotas).

- b) El punto final de la valoración no es un momento preciso, pues depende de la agudeza visual del operador; se recomienda hacer una comparación de tanteo con un mismo volumen de leche adicionada de una cierta cantidad de solución coloreada standard: fucsina, sulfato de cobalto, etcetera.

Por otra parte, la acidez puede variar por múltiples causas siendo las más importantes:

- a). La proliferación bacteriana (fermentación de la lactosa) por deficiente refrigeración.
- b). El estado de lactancia del animal (el calostro tiene acidez muy elevada).
- c). Salud del animal, (la mastitis, por ejemplo, baja la acidez).
- d). Raza de ganado.
- e). Adulteraciones (aguado y neutralización), etc.

Los valores de acidez comprendidos entre 15 y 22°D no dan indicaciones precisas sobre el estado de la leche. Como se sabe, la acidez representa una suma, en la que ninguno de los componentes se conocen con exactitud:

$$\text{ACIDEZ NATURAL} + \text{REACCIONES SECUNDARIAS} = \text{ACIDEZ DESARROLLADA}$$

Se puede considerar que los valores medios de leches mezcladas normales pueden oscilar entre 13 y 17.5°D o 0.130 y 0.175g % de ácido láctico (Ramos, 1976). La NMX-F-700-COFOCALEC, 2004, establece la acidez expresada como ácido láctico de 1.3 a 1.6 g/L o 13 a 16°D.

PRUEBA DE ALCOHOL AL 72%

Con el empleo cada vez más extendido de los procesos de esterilización de leche, se ha hecho necesario disponer de una prueba que nos asegure su estabilidad, cuando se someta a las altas temperaturas. Teóricamente, el mejor método para probar la leche sería sujetarla a la máxima temperatura a que se someterá en la esterilización, pero el procedimiento es muy largo y poco práctico, por lo cual, no se podría usar en forma rutinaria. En la practica resulta más rápida y simple la prueba¹¹ de alcohol, cuyo fundamento consiste, en que cuando un volumen dado de alcohol etílico se mezcla con leche, provoca una deshidratación parcial de ciertos coloides hidrofílicos, desnaturalizándolos, y al causar un estado de desequilibrio entre sus dos fases continuas (emulsión grasa y suspensión coloidal), 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 (Ramos, 1976).

Las leches con un contenido elevado de calcio iónico o de composición anormal, especialmente las de final de la lactancia, pueden coagular con el

¹¹ Mezcle simultáneamente en un tubo de ensayo, iguales volúmenes de leche cruda y alcohol etílico al 68% para leche destinada a la pasteurización y al 72% para leche destinada al tratamiento UHT ó esterilización. Observe si hay floculación, de preferencia virtiendo el contenido del tubo sobre una superficie oscura. Si la hay, la leche no permanecerá estable al calentamiento, y su grado de inestabilidad estará directamente relacionado al tamaño y al número de las partículas coaguladas.

alcohol sin ser ácidas. Esta limitación de la prueba no se refiere más que a leches de pequeñas mezclas. En realidad la prueba se utiliza para la selección de las leches a su llegada a la fábrica ó al centro de acopio (Alais, 1997)

En general, las leches normales son estables al alcohol, por tanto no flocularán, pero las anormales (es decir, acidificadas; con balance salino incorrecto; con exceso de albúmina, ya sea por mastitis o por ser ricas en calostro) serán inestables al alcohol y flocularán. Esta prueba debe ser negativa en todos los casos de acuerdo a la NMX-F-700-COFOCALEC, 2004.

CUENTA TOTAL DE BACTERIAS MESOFILICAS AEROBIAS

Esta prueba microbiológica tiene gran importancia en lactología, ya que siendo la leche un excelente sustrato para las bacterias, son múltiples las posibilidades que tiene de contaminarse, descomponerse por la acción bacteriana o convertirse en vehículo de enfermedades. Esta prueba se utiliza para determinar el número visible de unidades capaces de formar colonias (UFC) de bacterias (establece el número de colonias individuales o grupos de bacterias) en un mililitro (mL) de leche incubada a 30-32°C por 48 horas. Valores de UFC típicamente son menores a 5,000 UFC/ mL si el nivel de sanidad es bueno y el enfriamiento del tanque de almacenamiento es adecuado. En el estado de Virginia en Los Estados Unidos de América, se ha establecido que la leche de alta calidad debe tener valores de 5,000 UFC/ mL o menores. Sin embargo el límite legal en los Estados Unidos de América es de 100,000 UFC/ mL, aún

cuando la industria de lácteos prefiere valores de hasta 50,000 UFC/ mL (Loor, 1999). La razón principal para el alto recuento de bacterias en la leche cruda se debe a la mala limpieza del equipo de ordeño, programas de sanidad mal implementados (vacas sucias), mastitis, insuficiente enfriamiento de la leche en el tanque de almacenamiento, o un mal manejo de la muestra de la leche por medio de la persona encargada de llevarla desde la granja o planta hacia el laboratorio.

Para México, debido a las condiciones de producción heterogéneas de los distintos sistemas, se han establecido en la NMX-F-700-COFOCALEC, 2004, las siguientes clases de leche:

Clase 1: menor o igual a 100,000 UFC/mL.

Clase 2: De 101,000 a 300,000 UFC/mL.

Clase 3: De 301,000 a 599,000 UFC/mL.

Clase 4: De 600,000 a 1,200,000 UFC/mL

CONTEO DE CÉLULAS SOMÁTICAS (CCS/mL)

El término somático indica derivado del cuerpo. Por tanto las células somáticas son células corporales. La cuenta de células somáticas (CCS) está constituida principalmente de leucocitos ó células blancas. El porcentaje de los diferentes tipos de células somáticas en la leche de las glándulas saludables es: macrófagos 60%, linfocitos 25% y neutrófilos o leucocitos polimorfonucleares 15%. Juntos, constituyen la CCS de la leche, que usualmente se expresa en células/mL de leche (Philpot, 2001).

La CCS es la medición más ampliamente usada para supervisar el estado inflamatorio de las glándulas mamarias, y puede efectuarse con la leche de cuartos individuales, vacas individuales, hato completo o grupo de hatos. Las células somáticas tienen un doble propósito en la ubre, el combatir a los microorganismos infecciosos a través de un proceso llamado fagocitosis, que involucra la ingestión y destrucción de ellos, y la reparación de los tejidos secretores de leche dañados por la infección o lesión. El conteo de células somáticas puede estimarse de modo indirecto mediante la prueba de California y la prueba de Wisconsin, en las que se utiliza un reactivo que consiste de un detergente neutral (alkylarilsulfonato) y un indicador de pH (púrpura de bromocresol), reactivo que tiene la propiedad de reaccionar con las células somáticas dando por resultado la formación de un gel. La forma directa de determinar las células somáticas, puede llevarse a cabo con el microscopio, o con un equipo de conteo electrónico como el Coulter Counter, el Fossomatic y el Autoanalyzer (Philpot, 2001).

Existe un gran volumen de información lograda por las investigaciones que confirman que la producción de leche disminuye a medida que aumenta la CCS. Los animales de primera lactancia pierden 91 kilogramos de leche por lactancia, y las vacas de dos o más partos pierden 182 kilogramos, cada vez que la CCS duplica el nivel basal de 50,000 células somáticas/mL (Philpot, 2001). Con una CCS de 400,00/mL que muchos ganaderos consideran aceptable, los animales

de la primera lactancia pierden 273 kilogramos de leche, mientras que las más viejas pierden el doble de esa cantidad. Estos datos explican por qué la mastitis continúa siendo la enfermedad más costosa del ganado lechero en el mundo.

El incremento en el comercio internacional de productos lácteos ha promovido que muchos países desarrollen estándares rígidos para la cuenta de células somáticas. La Unión Europea ha impuesto un límite de 400,000/mL, aunque en Suiza se ha registrado un promedio de 100,000/mL, en tanto Canadá usa un nivel de 500,000/mL, registrando en promedio 267,000/mL. Los Estados Unidos de América tienen un límite máximo de 750,000/mL, con un promedio anual menor de 40,000/mL, y Nueva Zelanda tiene un promedio anual de 200,000/mL.

Para el caso de México se ha dividido en cuatro clases, de acuerdo a la NMX-F-700-COFOCALEC, 2004, Clase 1 (menor o igual a 400,000/mL), Clase 2 (de 401,000 a 500,000/mL), Clase 3 (de 501,000 a 749,000/mL) y Clase 4 (de 750,000 a 1,000,000/mL).

ANTIBIOTICOS E INHIBIDORES

Reciben el nombre de inhibidores bacterianos, aquellas sustancias que cuando están presentes en la leche, impiden o retardan el crecimiento de las bacterias que puede haber en ella; los principales inhibidores del crecimiento que es posible encontrar en la leche son naturales y externos.

A. Inhibidores naturales

En la leche hay factores bacteriostáticos naturales como la lactenina y otras sustancias inhibidoras aparentemente de naturaleza enzimática, que previenen o inhiben el crecimiento de las bacterias de la leche recién producida. Se han aislado dos fracciones de Lactenina, llamadas L_1 y L_2 , ambas de origen proteico. La L_1 se encuentra muy abundantemente en el calostro; la L_2 en la leche de media lactancia, pero está ausente, o en pequeñísimas cantidades en el calostro.

El tiempo de inhibición del crecimiento bacteriano en la leche, por estas sustancias naturales, es directamente proporcional al grado de higiene con que la leche fue producida, pero cuando las bacterias van teniendo acceso a la leche, vencen esta dificultad y empiezan a reproducirse cada 20-30 minutos, si la temperatura de la leche es favorable, es decir si no se le enfría rápidamente.

B. Inhibidores externos

- a). Antibióticos, usados principalmente en la forma de infusión intramamaria (tubos para mastitis) utilizados en el tratamiento de esta enfermedad.
- b). Residuos de bactericidas, empleados para la higienización de la ordeña, tuberías de conducción de leche y en general equipo de proceso (clarificadoras, pasteurizadoras, tanques de almacenamiento, etcétera). Entre los bactericidas que más comúnmente se ocupan en México tenemos: al cloro (hipocloritos),

bases cuaternarias de amonio, yodóforos, agua oxigenada (peróxido de hidrógeno), etc.

c). Leucocitos, los cuales provienen de las vacas mastíticas.

La presencia de inhibidores bacterianos en las leches causa serios problemas en la industria de sus derivados, ya que muchas de las cepas bacterianas empleadas como cultivos lácticos en la fabricación de quesos, leches fermentadas y otros productos, son muy sensibles a la acción de estas sustancias. Los antibióticos tienen gran importancia terapéutica, en el combate de las infecciones que aquejan al ganado lechero, principalmente la mastitis. Los que se usan más son la penicilina, estreptomicina y dihidroestreptomicina.

Desde el punto de vista sanitario, la ingestión continua de antibióticos por el hombre -penicilina en particular-, tiende a hipersensibilizarlo, lo que puede acarrear serias consecuencias para el ataque posterior de cualquier infección, a base de antibióticos.

Los antibióticos no sólo interfieren en la producción de ácido láctico por las bacterias, sino que también modifican la microflora que ordinariamente se encuentra en la leche de vacas con mastitis. Se tienen pruebas, además, de que ejercen distintas acciones sobre los microorganismos utilizados en los procesos, por ejemplo en el caso del yogur se ha demostrado que pequeñas concentraciones de penicilina (0,015 a 0,05 μ /mL), clorotetraciclinas,

oxitetraciclinas (0.3 a 1.0 μ /mL) y estreptomicina (5.0 a 7.0 μ /mL) inhiben el desarrollo de *Streptococcus thermophilus* y de *Lactobacillus delbruekii* ssp *bulgaricus*, causando cambios en sus características morfológicas y reduciendo su actividad bioquímica, lo que afecta la calidad del yogurt obtenido. A concentraciones mayores hay un retardo en el tiempo de coagulación de la leche hasta de 10 horas, o bien se elimina por completo. Suele también suceder, que la producción lenta de ácido láctico se debe a la presencia de bacteriófagos, que tienen selectividad específica para las cepas empleadas, y aunque se han obtenido cepas bacteriófago-resistentes, éstas tienen una acción distinta sobre la leche.

La detección de antibióticos en leche es mediante la prueba de SNAP¹²; para antibióticos betalactámicos es rápida; se emplea para detectar residuos de antibióticos en la leche cruda. Se trata de un método inmuno-enzimático que detecta residuos de penicilina G, amoxilina, ampicilina, tetraciclina, y otros.

¹² Es un Kit de Laboratorios Index, que se compone de un tubo para muestra, el cual contiene el reactivo que reaccionará con la leche, una pipeta para toma de muestra.

El procedimiento es el siguiente:

1. Conectar la plancha incubadora
2. Agitar completamente la muestra de leche,
3. Tomar la muestra con la pipeta hasta la marca de (450 μ L $\pm$ 50 μ L).
4. Agregar la muestra al tubo y mezclar completamente,
5. Incubar el tubo y el SNAP a 45 $\pm$ 5°C; para: betalactámicos 5 minutos; para tetraciclina, 2 minutos. Evitar incubar más de 6 minutos.
6. Adicionar la muestra a la celda. Cuando la muestra alcance el punto de activación y el color comienza a desaparecer hay que presionar con la fuerza del activador,
7. Leer el resultado

NEGATIVO: Si el color del punto de la muestra es más oscuro o igual que el color del punto control,

POSITIVO: Si el color del punto de la muestra es más claro que el color del punto de control.

En las especificaciones de la norma mexicana para leche cruda, NMX-F-700-COFOCALEC, 2004, se especifica que la leche debe estar libre de antibióticos e inhibidores.

REDUCTASA

Existen numerosos y diversos métodos para apreciar la calidad bacteriológica de la leche. Los más precisos y significativos son aquéllos que permiten la enumeración de los gérmenes, pero también son los más delicados y más largos; además, no pueden realizarse más que en laboratorios bien equipados. Sin embargo, existen las llamadas pruebas indirectas, basados en la reducción de colorantes, en el desarrollo de la flora acidificante, en la lactofermentación y pruebas de filtración. En este grupo de pruebas indirectas se clasifica la prueba de la REDUCTASA. El fundamento de estas pruebas se basa en el potencial redox de la leche, ya que las bacterias que proliferan en ella tienen una actividad reductora, como consecuencia de dos fenómenos:

- a). Desaparición del oxígeno disuelto a causa de la respiración, que provoca un descenso del potencial redox favorable al sistema reductor natural de la leche.
- b). Producción de un sistema reductor propio de las bacterias.

La actividad reductora depende del número de bacterias y también de las especies presentes. Algunas son muy activas, como las coliformes (*Escherichia*, *Aerobacter*). Otras influyen poco sobre el potencial redox, como

las bacterias termorresistentes y las esporuladas (flora de las leches calentadas).

En la práctica, se determina el nivel de potencial redox mediante indicadores coloreados que cambian de color o se decoloran en una determinada zona del potencial redox, caracterizada por el valor E^o (potencial en que la mitad del colorante se encuentra en forma reducida).

El azul de metileno ($E^o + 0,05 \text{ V}$) se utiliza con frecuencia para determinar la calidad bacteriológica de la leche en la prueba de la reductasa. En las leches fuertemente contaminadas, el descenso del potencial redox es rápido, al igual que la decoloración del indicador que se ha añadido. El tiempo de decoloración de un colorante indicador de la oxidorreducción da una medida del grado de contaminación de la leche. En realidad, la relación es estrecha cuando no se considera el número de gérmenes sino su actividad reductora; ahora bien, ya se ha visto que varía bastante según los grupos considerados. De acuerdo a los resultados de la prueba¹³ pueden definirse diferentes categorías de leches, por ejemplo:

- La decoloración se produce en menos de 15 minutos: leche de muy mala calidad, altamente contaminada.
- La decoloración se produce entre 15 y 60 minutos: leche bastante contaminada.
- La decoloración se produce entre 1 y 3 horas: leche poco contaminada, de calidad satisfactoria para la industria; la microflora total es probablemente inferior a 1 millón de gérmenes/c.c.

¹³ La incubación se hace en tubos estériles a 37°C, con 10 c.c. de leche y 1 c.c. de indicador, constituido por 5 mg de azul de metileno disueltos en 100 c.c. de agua estéril. A intervalos regulares se observa el color de la mezcla (Alais, 1997).

Este método es el más difundido en el mundo para apreciar la calidad de la leche a las fábricas y para fijar el precio según la calidad (Alais, 1997).

FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA LECHE

La leche es un alimento muy delicado cuya calidad sólo se puede mantener si se conserva en un medio favorable y en las mejores condiciones. Las vacas lecheras deben estar sanas, limpias y alojadas en locales adecuados. El ordeño y la refrigeración de la leche deben efectuarse utilizando los equipos apropiados y escrupulosamente limpios. El éxito de estas operaciones depende principalmente de las precauciones tomadas por el productor. La cantidad de leche producida y su composición, presentan variaciones importantes en función de numerosos factores. De tal forma que no todas las leches tienen las mismas aptitudes para su transformación en queso o mantequilla ni tampoco el mismo valor nutritivo (Alais, 1997). Los principales factores de variación son:

- * Factores fisiológicos; evolución durante la lactancia.
- * Factores alimenticios; Influencia del nivel energético y de la composición de la ración; acciones específicas de algunos alimentos.
- * Factores climáticos; estación, temperatura.
- * Factores genéticos; variaciones raciales e individuales, herencia de los componentes, efecto de la selección.
- * Factores zootécnicos diversos; especialmente la forma de ordeño

FACTORES FISIOLÓGICOS

La producción diaria de la leche y de sus principales componentes; lactosa, materia grasa, materias nitrogenadas totales y caseína, no evolucionan de la misma manera durante la lactancia. A los 20 o 25 días posparto, la vaca se encuentra en plena producción de leche y lactosa, la producción de materias nitrogenadas totales alcanza inmediatamente después del parto su valor máximo. Para la caseína y las materias grasas, el máximo se alcanza hacia el 10° día de lactancia, así la curva de producción de lactosa es similar a la de producción de leche. Por el contrario, las curvas de producción de materias nitrogenadas y grasas son muy diferentes, en consecuencia la concentración de estos dos últimos componentes en la leche decrece rápidamente durante el primer mes. Sin embargo, la producción de la leche disminuye más rápidamente que la producción de materias nitrogenadas y grasas. Por lo tanto, la leche se enriquece desde el 5° mes hasta el final de la lactancia. La curva de las concentraciones en lactosa evoluciona de manera muy diferente; tras una subida rápida en el curso del primer mes, se vuelve sensiblemente horizontal.

La alimentación, y más especialmente el nivel de los aportes energéticos y de nitrógeno, influye sobre la evolución de la composición de la leche en el curso de la lactancia, pero puede haber interferencias con otras causas de variación, en particular con los factores climáticos. Por ejemplo, para las vacas que paren

en septiembre, el mínimo de contenido de materia grasa desaparece pronto y para las vacas que lo hacen en mayo, se alarga más de tres meses.

El ciclo de lactancia no se reproduce de manera invariable durante toda la vida del animal. La producción total de leche aumenta hasta la 5ª lactancia, y a continuación se mantiene o decrece lentamente, según los individuos; tras el 11º año suele observarse un brusco descenso; en general podemos decir que la leche se empobrece progresivamente en el curso de lactancias sucesivas, y con más intensidad a partir de la 5ª ó 6ª lactancia (Alais, 1997).

INFLUENCIA DE LA ALIMENTACIÓN

La subalimentación en general lleva consigo una disminución de la cantidad de leche y un adelgazamiento del animal, que utiliza las reservas corporales para la secreción de la leche. El contenido en materia grasa solamente disminuye si hay una reducción simultánea de los aportes energéticos y nitrogenados. La curva de lactancia se modifica profundamente. La sobrealimentación provoca un aumento de la producción de leche, más importante para las vacas de elevado potencial genético de la producción, pero la composición de la leche varía poco. Haciendo variar el aporte alimenticio de un nivel inferior ó superior a las necesidades de la vaca, no se modifica sistemáticamente el contenido de materia grasa y lactosa, por el contrario, se determina un aumento continuo, pero limitado, del contenido de proteínas y de extracto seco. Una experiencia danesa clásica demuestra que forzando las vacas al límite de su apetito,

aumentando los cuidados y ordeñando cuatro veces al día, puede duplicarse la producción de leche (de 4,500 a 10,000 kg por lactancia), mientras que el contenido en materia grasa varía de 37 a 39%. De esta forma, la opinión de que la leche se empobrece con la subalimentación ó se enriquece con la alimentación excesiva es falsa si se piensa que de esta manera se puede hacer variar de manera importante la composición de la leche.

Esta variación se comprueba, en cierta medida para las materias nitrogenadas cuyo porcentaje es muy sensible al aporte alimenticio, pero con variaciones de poca amplitud.

Con respecto a la composición de la ración puede ser que ésta sea rica en glúcidos (celulosa, almidón, y azúcares); la naturaleza y las proporciones de estos glúcidos tienen una participación importante en la síntesis de las materias grasas. Se ha visto que esta síntesis mamaria depende en gran parte de la presencia en la sangre de ácidos grasos volátiles. Estos ácidos proceden de la fermentación de las materias glucídicas en el rumen. Normalmente se forman los ácidos acético y propiónico en la relación de 3 a 1. La fermentación normal depende, no solamente de la cantidad de carbohidratos en la ración, sino también de su estado físico. El heno molido y la paja cortada no tienen el mismo efecto que los productos brutos. La insuficiencia, ó ausencia, de heno o de paja en los regímenes compuestos de vegetales verdes tiernos y concentrados, provocan descenso del contenido en grasa. Estos regímenes favorecen las

fermentaciones anormales y la producción de ácido acético disminuye; las fermentaciones lácticas y butíricas son más activas y mantienen un pH muy bajo que inhibe la fermentación acética. El contenido de materia grasa no parece tener influencia sobre la composición de la leche, no puede enriquecerse la leche en materias grasas aumentando la proporción de grasa digestible. La materia grasa de la ración no participa en la síntesis de la materia grasa de la leche más que a lo sumo en un 25%; lo que explica la falta de efecto del aumento de la materia grasa en la ración.

La calidad de la pradera (composición botánica) tiene influencia sobre la producción lechera y sobre el contenido en materias grasas, estos dos valores varían en sentido inverso, según la naturaleza del pasto. La leche es más rica en grasa cuando las vacas han consumido pradera a base de Pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) y alfalfa (*Medicago sativa*); un efecto contrario se observa con otras praderas (ryegrass, trébol blanco, entre otros) (Alais, 1997).

INFLUENCIA DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS

La estación del año ejerce un efecto que se traduce por una modificación de las curvas de lactancia. La riqueza de la leche en materia grasa y extracto seco desengrasado es mínima a la mitad del verano y máxima al final del otoño; la

cantidad de leche varía de forma inversa. Esta evolución se comprueba en todos los países, independientemente de la alimentación. Sin embargo en lo referente a materia grasa, el mínimo de verano y el máximo de invierno son independientes del régimen alimenticio.

Una de las causas de variación temporal, podría ser la temperatura; estudios en cámara acondicionada demuestran que la cantidad de leche producida disminuye, y el contenido en grasa aumenta de la forma siguiente:

- a) Rápidamente, cuando la temperatura se eleva por encima de los 27°C, pues causa una subalimentación por pérdida de apetito. A 40°C, la producción desciende un 20% de su valor medio a 10°C.
- b) Progresivamente, cuando la temperatura disminuye por debajo de 5°C. La influencia de la temperatura es pequeña entre 5 y 20°C.
- c) La iluminación tiene una influencia evidente sobre la producción de leche, pero los resultados publicados son algo discordantes. Según trabajos rusos, las vacas mantenidas en la oscuridad hasta el mediodía tienen una producción invariable y un contenido de materia grasa más bajo; el alumbrado eléctrico nocturno parece aumentar el contenido en materia grasa de la leche de la mañana.
- d) Las condiciones meteorológicas, como la presión atmosférica, origen de las masas de aire, parecen influir sobre el contenido en materia grasa, pero este hecho no se ha confirmado (Alais, 1997).

INFLUENCIA DEL ORDEÑO

Todas las operaciones relacionadas con el ordeño tienen una gran importancia. En primer lugar, es aconsejable preparar la vaca para conseguir el óptimo funcionamiento fisiológico de su sistema hormonal y que se produzca la adecuada secreción de oxitocina. El contenido en materia grasa de la leche se eleva en el curso del ordeño, desde 15 g/L al principio hasta 100 g/L al final. La leche de un ordeño incompleto corresponde a una leche parcialmente descremada. Por el contrario, el extracto seco desengrasado disminuye, pero se trata de un efecto matemático; si se eleva la materia grasa el extracto seco desengrasado varía muy poco. Tras un ordeño incompleto, leche que queda en la mama tiene un efecto inhibitor sobre la secreción. Una inyección de oxitocina permite extraer todavía un volumen de leche que representa del 10 al 20% del volumen obtenido en el curso de un ordeño normal de vaca. Esta leche residual explica las variaciones diarias del contenido en materia grasa. Sin ordeño existe retención de la leche, la cual se modifica rápidamente como consecuencia de la reabsorción de los componentes principales (camino inverso a la síntesis). A continuación puede tener lugar una reducción duradera de la capacidad de producción de la mama, así como la secreción de la leche modificada. Por otro lado la retención favorece la infección de la glándula.

El intervalo entre los ordeños tiene gran influencia, así a un intervalo largo corresponde una mayor producción de leche, que es menos rica en materia

grasa; por el contrario, la leche es más rica y menos abundante tras un intervalo corto. La leche de la mañana es, en general, un poco más pobre en materia grasa si el intervalo nocturno es muy largo; pero parece que el mismo hecho puede producirse cuando los intervalos son iguales entre dos ordeños diarios (tal vez como consecuencia de la oscuridad). Hasta cierto punto, la producción de leche depende del número de ordeños efectuados, puesto que el ordeño tiene un efecto estimulante sobre la producción. Por razones económicas, se realizan generalmente dos ordeños diarios (Alais, 1997).

FACTORES GENÉTICOS

Entre las vacas de una misma raza, sometidas a las mismas condiciones de medio y alimentación, pueden existir diferencias significativas y reproducibles, en cuanto a composición de la leche. Es importante conocer la variabilidad de los principales componentes de la leche, ya sea con miras al estudio de la selección del ganado o para determinar las consecuencias prácticas, económicas y también jurídicas de esas variaciones.

A continuación se mencionan los datos más importantes para el estudio de las variaciones individuales, independientemente del número de animales y de las condiciones del medio y la alimentación.

1. Valor medio y valores extremos; la diferencia entre estos dos últimos representa la amplitud de las variaciones.

2. Diferencia de tipo (o desviación standard); da una medida de la dispersión de los resultados en torno a la media; el 68% de los resultados se encuentra a un lado u otro de la media $\pm$ la diferencia tipo.
3. Coeficiente de variación o diferencia tipo por 100 de la media, permite comparar la variabilidad de diferentes componentes. Pueden admitirse como promedio del coeficiente de las variaciones individuales, los siguientes valores:

- *Producción de leche, 12 a 20%

- * Materias grasas, 8.2%

- * Proteínas, 6%

- * Lactosa, 4%

- * Extracto seco desengrasado y sales, 3%

El elemento más variable es, con mucho, la cantidad de leche producida. Para una producción media por lactancia de 4,000 litros con un coeficiente de variación del 20%, la diferencia tipo es de $\pm$ 800 L. Entre los componentes mayores de la leche, la materia grasa es la que presenta las variaciones más considerables.

Al nivel de una sola lactancia no puede preverse el contenido de proteínas de la leche partiendo del contenido medio de materias grasas. Pero considerando una población importante, puede estimarse que el contenido de las proteínas aumenta en promedio 0.4 cuando el contenido de las materias grasas aumenta una unidad. Sin embargo parece ser insuficiente la determinación del contenido

en materia grasa con miras a una selección que tenga como fin el enriquecimiento de la leche en materias nitrogenadas, o la determinación del precio de la leche con arreglo a su composición.

Corrientemente se dice que cuanto mayor es la producción, menor es la riqueza de la leche en materia grasa y proteínas. La selección prolongada disminuye el valor de esta regla, que no es más que aproximada. Es difícil dar en cifras las aptitudes lecheras de las diferentes razas, ya que el control lechero no suele realizarse más que sobre una pequeña proporción de vacas. En el cuadro 14, se presentan los resultados más significativos de algunas razas lecheras. Un punto importante, a nivel de razas, es la existencia de una estrecha y positiva relación entre el contenido en materia grasa y el de proteínas (coeficiente "r" cercano a 0.90) (Alais, 1997).

Cuadro 14. Aptitudes lecheras de algunas razas de ganado bovino

Raza	Número de registros	kg de leche	% de grasa	kg de materia seca
Normanda	64,876	3,215	40	128.3
Frisona francesa	59,201	3,704	35	130.8
Montbéliarde	12,733	3,930	36	143.1
Manchada del este	4,600	3,455	37	129.3
Parda de los Alpes	4,158	3,389	36	122.3
Flamenca	3,734	3,710	36	134.3
Salers	3,106	2,610	36	94.3
Abondance	1,697	3,718	37	136.6
Parthenaise	1,534	2,561	45	113.5
Jersey	883	2,276	49	111.3
Bretona (Pia negra)	430	1,962	43	84

Fuente: Alais, 1997.

En general, las leches pobres que se encuentran en la práctica proceden de vacas de aptitudes mediocres. Sin embargo cuando se conjugan varias de las

causas siguientes, se teme el riesgo de fraude en las siguientes circunstancias:

- a). Principio de la lactancia hacia el segundo y tercer mes.
- b). Salida repentina al pasto.
- d). Ordeño de la mama tras largo intervalo nocturno.
- e). Ración pobre en celulosa bajo una forma fibrosa.

Estas variaciones tienen gran importancia en la práctica, sobre todo para la industria láctea, y son especialmente acusadas cuando los partos se distribuyen desigualmente a lo largo del año, debido a que la influencia del ciclo de la lactancia acentúa los efectos estacionales. Esto es lo que ocurre en general en las regiones montañosas productoras de queso, donde los partos se producen frecuentemente al final del invierno. El aporte de leche tiene su mínimo en otoño, y su máximo de mayo a junio según la intensidad de las lluvias; la amplitud de las variaciones es considerable: en verano se obtiene 2.3 veces más leche que en noviembre. La producción quesera presenta variaciones comparables a las de la producción lechera, a pesar de las variaciones en la composición; en efecto, el rendimiento quesero varía relativamente poco. El período de mayor producción quesera va de mayo a septiembre. La riqueza de la leche y el rendimiento quesero alcanzan su máximo en otoño; el mínimo se encuentra en marzo. El contenido en calcio varía poco en comparación con el de grasa (Alais, 1997).

A continuación se presenta el Cuadro 15 en el cual se hace mención a parámetros de calidad para leche, manejados en México y en varios países.

Cuadro 15: Parámetros de calidad en México y otros países

Parámetro	México ^a	España ^b	U.S.A Leche Grado A ^c	Argentina ^d	Chile ^e
Densidad a 15°C (g/mL)	1.0295 min	---	---	1.0280 a 1.0350	---
Grasa Butírica (g/L)	Clase A: ≥ 32 Clase B: 31 mínimo Clase C: 30 mínimo	Mínimo 32	---	Mínimo 30	---
Proteínas Totales (g/L)	Clase A: ≥ 31 Clase B: 30 a 30.9 Clase C: 28 a 29.9	Mínimo 30	---	---	---
Lactosa (g/L)	43-50	---	---	---	---
Sólidos No grasos (g/L)	Mínimo 83	Mínimo 82	---	Mínimo 82	---
Punto Crioscópico °C (°H)	De -0.535 a -0.560 °H De -0.515 y -0.536 °C	---	---	-0.530 a - 0.570°C ± 5%	-0.530 a - 0.570°C ± 5%
Acidez como ácido láctico(g/L)	1.3 a 1.6	Máximo 1.8	---	1.3 a 1.8	---
Prueba de alcohol 72%	Negativa	---	---	---	---
Materia extraña	Libre	---	---	---	---
Inhibidores	Negativo	Negativo	Negativo	---	---
Cuenta total de Bacterias (UFC/mL)	Clase 1: ≤ a 100,000 Clase 2: 101, 000 a 300,000 Clase3: 301,000 a 599,000 Clase 4: 600,000 a 1,200,000	1: Hasta 200,000 2: De 201,000 a 700,000 3: 701,000 a 2,000,000 4: >2,000,000	Individual ≤100,000 Mezcla ≤300,000	---	TRAM Clase A: >3 Horas Clase B: De 1 a < de 3 Horas Clase C: < a 1 Hora
Conteo de Células Somáticas (CCS/mL)	Clase 1 ≤a 400,000 Clase 2: 401,000 a 500,000 Clase 3: 501,000 a 749,000 Clase 4: 750,000 a 1,000,000	≤a 400,00	No mayor a 750,000	---	Clase 1, de 500 mil a 1 millóm Clase 2 ó 3 > 1 millón

^a Tomado de la norma mexicana para leche cruda, NMX-F-700-COFOCALEC-2004.

^b Parámetros tomados de Ministerio de agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se establece el pago de la leche en función de su composición y su calidad higiénica, BOE Núm. 162, Julio de 1985, España.

^c Tomado de National Dairy Council, 2000.

^d Tomado del Código Alimentario Argentino

^e http://www.science.oas.org/OEA_GTZ/LIBROS/LA_LECHE/le_html/cap11_leche.htm

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS DE LA REVISIÓN DE LITERATURA

- Aguilar, C.C., 2003. Tipología de las cadenas agroindustriales y la calidad de la leche en los Altos de Jalisco. Temas de Ciencia y Tecnología, Vol. 7., No. 19. enero-abril, 2003.
- Alais C. 1997. Ciencia de la leche y principios de técnica lechera. Decima primera reimpresión. Ed. CECSA. México D.F. 594pp
- Chevalier, B., and De La Tullaye, J. 1995. Lipides des lait infantiles. Cah. Nutr. Diet. 30 (3): 108-94.
- Cruz, M.L., y Wong, W.W. 1994. Effects of Infant Nutrition on Cholesterol synthesis rates. Pediatr, Res. 35 (2): 135-140.
- Cullor S.J., 1997. HACCP (Hazard Análisis Critical Control Points): Is it coming to the dairy?. Journal of Dairy Science. 80: 3449-3452.
- Cervantes E.F., Álvarez M.A. 2001. Tipología de ganaderos lecheros de Los Altos de Jalisco: Propuesta en función de niveles de rentabilidad. Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente. 2(1): 9-24.
- De Angelis, R.C. y Giuli, G.G. 1983. Lactosa load diet effect in rats. Arq. Gastroent, 20(4): 166-9.
- Díaz, M.A. y Villanueva, O. 1992. Variations of hidrosoluble vitamins contents in dairy products during storage. Lait, 71: 519-2.
- Ellner, R. 2000. Microbiología de la leche y de los productos lácteos. Editorial Días de Santos. Madrid España. 144pp.
- Espejel G. A. y Ozuna R. M. 2000. Análisis de la evolución de la calidad de leche en la parte Norte de Los Altos de Jalisco. Tesis de licenciatura Universidad Autónoma Chapingo., Departamento de Ingeniería Agroindustrial. 85pp.

- FAO / OMS / ONU. 1985. Necesidades de energía y proteínas. Informe técnico, 724 – Ginebra, OMS.
- Hermansen, J.S. y Ostensen, S. 1994. Effect of the levels of fertilizer, grass and supplementary feeds on nitrogen composition and renneting properties of milk from cows at pasture. *J.Dairy Research.*, 61(2): 179-89.
- Jayarao B.M., Pillai S.R., Wolfgang D.R., Burns C.M., y Hutchinson L.J. 2001. bulk tank milk analysis: a Useful tool for ascertaining information on milk quality and herd udder health. Pennsylvania State University (Tomado de la siguiente página en internet: www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi).
- Kansel, V.K. 1992. Essentialities of milk proteins in human nutrition. *Indian Dairyman.*, 44(7): 328-31.
- Loor, J.J., Jones, M.G. y Summer, S. 1999. Testing bulk tank milk samples. Guías del Ordeño, Virginia Cooperative Extension. No. 404-405W.
- Ma, Y., C. Ryan, D.M. Barbano, D.M. Galton, M.A. Rudan, y K.J. Boor. 2000. Effects of somatic cell count on quality and shelflife of pasteurized fluid milk. *Journal of Dairy Science.* 83: 264-274.
- Madrid, A.V. 1996. Curso de Industria Lácteas. Primera edición. Editorial Mundi-Prensa.
- Mayora, V.F. 2003. Leche, Enfriamiento y Tanques Enfriadores. COFOCALEC/Boletín Con Leche, No. 9: noviembre-diciembre.
- Medrano, A. y Hernández, A. 1994. Riboflavin, alfa-tocoferol and retinol retention in milk after microwave heating. *Lait*, 74: 153-59.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, 1985. Pago de la leche en función de su composición y su calidad higiénica. BOE. Núm. 162.

- National Dairy Council. 2000. Managed by Dairy Management, Newer Knowledge of Dairy Foods / Milk. Rosemont IL, pp.5.
- COFOCALEC, 2004.NMX-F-700-COFOCALEC-2004.Sistema producto leche – alimento lácteo – leche cruda de vaca – especificaciones
- Orozco, G.A. y De Angelis, R.C. 1987. Clínica-Química de individuos sanos após ingestao de lactose ou agua y Congreso Nacional SBAN. Resumos n. 130, pp. 158.
- Philpot, W.,N.2001. Importancia de la cuenta de células somáticas y los factores que la afectan. III congreso Nacional de Control de Mastitis y Calidad de Leche. León Guanajuato, México.
- Ponce, P.1989. Calidad de leche y su control: Una problemática nacional. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria de la Habana. Habana, Cuba.
- Ramos C.M. 1976. Manual de Métodos de Análisis de Leche y Lactinios. México, D.F. 176 pp.
- Reineman, J.D. 1998. Resolviendo los altos recuentos bacterianos en leche. Instituto Babcock. Novedades Lácteas, Ordeño y Calidad de Leche No. 402.
- Riel R. 1991. Composición y estructura fisicoquímica de la leche. Ed. Acribia S.A. España, pp. 1-54.
- SAGAR/CEA, 2004. Boletín Leche, noviembre de 2004.
- Saidi, B.1992. Effects of heat and homogenization on rivoflavin photolysis in milk. Int. Dairy J., 5: 635-45.
- Schlimme, E. y Bucheim, W. 2002. La leche y sus componentes, Propiedades Químicas y Físicas. Editorial Acribia, Zaragoza España.121pp.

- Schuette, S.A. y Yasillo, N.J. 1991. The effect of carbohydrates in milk on the absorption of calcium by postmenopausal women. *J.Am.Coll.Nutr.*, 10(2): 132-9.
- Singh, R. y Deodhar, A.1993. Effects of cow's milk factors on the bioavailability of non milk thiamine in rats. *Lait*,73:389-94.
- Soltero, G.S. y Alvarez, E.O.O. 2004. Impactos de la Inspección y la evaluación de Establos en la calidad de la leche cruda. COFOCALEC/Boletín Con Leche, No. 17: marzo-abril.
- Tetra Pak. 2000. Leche, Alimento indispensable. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos. Sao Paulo Brasil.
- Urzúa J.W. y Álvarez M.A. 1998. Caracterización de las agroindustrias y tipología de las cadenas agroindustriales en Rodríguez Gómez Guadalupe y Patricia Chombo (coord...), *Los rejugos del poder. Globalización y cadenas agroindustriales de la leche en Occidente*, CIESAS/CIATEJ/SIMORELOS/ CONACYT/UAM-X, México, pp. 139-158.
- Van, S.G., Lotem, M. y Schukken, H.Y. 2002. Trends in somatic cell counts, bacterial counts, and antibiotics residue violations in New York State during 1999-2000. *Journal of Dairy Science*. 85: 782-789.
- Vega y León S., Vega y León A., Pérez F. N., Gutierrez T.R., Díaz G.G.y Ramírez A.A. 2003. Problemas de adulteración en leche y derivados. *Revista Lácteos y Cárnicos Mexicanos*. Octubre-Noviembre.
- Wattiaux M.A.2004a. Composición de la leche y valor nutricional. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera, Universidad de Wisconsin-Madison, No. 19.
- Wattiaux M.A.2004b. Secreción de leche por la ubre de una vaca lechera. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional de la

industria lechera, Universidad de Wisconsin-Madison, No. 20.

Wong.P.N. y Jenness, R.,1988. Fundamentals of Dairy Chemistry. Ed.Van Nostrand Reinhold Company. New York. Third Edition. pp.779.

[http://www.anmat.gov.ar/codigoa/CAPITULO%20VIII%20\(actualiz%206-7-02\).pdf](http://www.anmat.gov.ar/codigoa/CAPITULO%20VIII%20(actualiz%206-7-02).pdf) Código alimentario argentino capitulo VII

<http://www.lagosdemoreno.gob.mx/>)

[http:// www.sica.gov.ec/cadenas/leche/docs/leche_mundial.html](http://www.sica.gov.ec/cadenas/leche/docs/leche_mundial.html)

http://www.science.oas.org/OEA_GTZ/LIBROS/LA_LECHE/le_html/cap11_leche.html

http://www.siea.sagarpa.gob.mx/ar_comanupec.html

<http://www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/anleche.html>

<http://www.ugrjal.org.mx/produccion.html>

CAPITULO 3

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LECHE EN UNA EMPRESA PASTEURIZADORA UBICADA EN LOS ALTOS DE JALISCO Y EL CUMPLIMIENTO CON LA NORMA MEXICANA PARA LECHE CRUDA

Anastacio Espejel-García, José G. García-Muñiz, Manrubio Muñoz-Rodríguez, Abraham Villegas-De Gante,
Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Departamento de Ingeniería Agroindustrial,
Universidad Autónoma Chapingo,
km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C.P. 56230. e-mail: aespejelg@correo.chapingo.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar la información histórica de las variables de calidad que se registran diariamente en una empresa pasteurizadora ubicada en los Altos de Jalisco, comparar los resultados con la norma mexicana para leche cruda (NMX-F-700-COFOCALEC-2004) y proponer alternativas para mejorar el manejo posordeño de la leche. El periodo de análisis fue de 1998 a 2004, el número de observaciones fue de 669,217 y las variables analizadas fueron, grasa(%), densidad(g/mL), acidez(g/L), crioscopia (°H), temperatura (°C), sedimentos, sólidos totales (ST, %), sólidos no grasos (SNG, %), lactosa (%), proteína (%), cuenta de células somáticas (CCS) y reductasa (minutos). Como resultado se obtuvo que la acidez, tanto en centros de acopio colectivos como en los individuales se encuentra dentro de norma en un 95%, mientras que la crioscopia y proteína en ambos tipos de acopio estuvo

arriba de 95% dentro de norma. La reductasa en el tipo de acopio individual estuvo en mayor proporción dentro de norma que en el colectivo, y lo contrario ocurrió con la temperatura. En ambos tipos de acopio los sólidos totales y los sólidos no grasos se encontraron dentro de norma en un 90%, al igual que la densidad. La lactosa estuvo dentro de norma en un 87% en ambos tipos de acopio; la cuenta de células somáticas en el tipo de acopio individual estuvo en un 75.2% dentro de norma, mientras que el colectivo cumplió en un 55.3% con la norma. En conclusión, se puede decir que la calidad de la leche cumplió en promedio por arriba de 90% dentro de norma con excepción de la cuenta de células somáticas dicha variable representa un gran reto para mejorar pues los valores dentro de norma son escasos.

Palabras clave: Calidad, leche cruda, norma mexicana, empresa pasteurizadora

ANALYSIS OF MILK QUALITY IN A PASTEURIZING COMPANY IN LOS ALTOS DE JALISCO AND THE COMPLIANCE WITH THE MEXICAN RAW MILK NORM

ABSTRACT

The aim of this work was to analyze the background information of milk quality in Los Altos de Jalisco, Mexico, as well as to identify suppliers that met the quality requirements. Data from 1998 to 2004, comprised of 669,217 observations, each considered the chemical and physical variables such as: milk fat content; density; titratable acidity; freezing point depression (cryoscopy); temperature; sediments; total solids; non-fat solids; lactose; protein content; somatic cell count; and the reductase test. The results were compared to the Mexican norm NMX-F-700-COFOCALEC-2004 for raw milk and demonstrated that 90 per cent of the suppliers at collection centers and by individual collectors satisfied the requirements in terms of acidity, percentage of fat, density, cryoscopy, protein, total solids and non-fat solids; while less than 90 % achieved the regulation of lactose, reductase test, temperature, sediments and somatic cell count.

In conclusion, it can be stated that milk quality is on the average over 90% within the norm, with the exception of somatic cells. Said variable represents a great challenge for improvement since values within the norm are rarely found.

Key words: Quality, Raw milk, Mexican Norm, Pasteurizing Company

INTRODUCCIÓN

La importancia alimenticia de la leche en la nutrición humana, reside básicamente en la calidad de sus proteínas, su alta digestibilidad y alto valor biológico, así como en su contenido de calcio y de vitaminas A, B₁ y B₂. Es un alimento energético y complementario para toda la familia, en particular para los niños, mujeres embarazadas y ancianos, que forma parte de la dieta de los mexicanos y es materia prima para la elaboración de numerosos productos (www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/anleche.html#comercial) .

Por sus características fisicoquímicas y de composición, la leche es altamente susceptible a la contaminación y el deterioro, afectándose su calidad por las condiciones higiénicas y sanitarias de producción, almacenamiento y transporte, además que puede constituirse en un excelente vehículo de organismos patógenos (Cullor, 1997). En la producción de leche nacional, destaca el Estado de Jalisco, el cual aporta, entre 1,200 y 1,300 millones de toneladas por año, que representan 17% del volumen total nacional. Destaca por su participación la región de Los Altos de Jalisco, la cual se considera una de las cuencas lecheras mas importantes del país, ya que produce alrededor de 500 millones de litros de leche anuales. Se especula, de acuerdo con el crecimiento y empuje que está teniendo la producción de leche en Jalisco, que el potencial productivo de la región puede incrementarse en pocos años de un 30 a 50%, considerando

varios componentes productivos del sistema, para los cual es necesario el desarrollo de actividades de validación, transferencia de tecnología y capacitación (http://www.siea.sagarpa.gob.mx/ar_comanupec.html)

Con el afán de mejorar la calidad de la leche, las empresas establecidas en Los Altos de Jalisco han generado diversas estrategias dirigidas hacia los productores; tal es el caso de la empresa de estudio "Alimentos La Concordia S.A De C.V", la cual en el inicio de sus operaciones acopiaba leche en su mayoría proveniente de centros de acopio colectivos hasta llegar al actual esquema, basado en el acopio de leche proveniente mayormente de tanques de enfriamiento individuales. Este cambio en el sistema de acopio se sustenta en la hipótesis de que la leche proveniente de los tanques de enfriamiento individuales es de mejor calidad que la de los colectivos, siendo este el motivo principal en la obtención de un producto final de mejor ó menor calidad. Por lo tanto es importante promover de manera intensiva, de acuerdo con las circunstancias actuales, la calidad en los diferentes puntos que comprende la cadena, poniendo un énfasis especial en los eslabones más débiles. Para lograr lo anterior, se requiere la participación de los productores, los industriales, el sector público estatal y federal, así como las instituciones que participan en este importante sector.

Debido a que la actual competencia no es solamente nacional, sino internacional existe la necesidad de tener referencias internacionales y

nacionales acerca del monitoreo de la calidad de la leche; es en este aspecto del mejoramiento de la calidad de leche donde este trabajo colaborará con la empresa de estudio, "Alimentos la Concordia S.A de C.V".

Así, el objetivo de este trabajo fue analizar la información histórica de las variables de calidad que se registran diariamente en una empresa pasteurizadora ubicada en los Altos de Jalisco, comparar los resultados con la norma mexicana para leche cruda (NMX-F-700-COFOCALEC-2004) y proponer alternativas para mejorar el manejo posordeño de la leche

MATERIALES Y MÉTODOS

Sujeto de estudio y variables registradas

Se tomó como objeto de investigación la empresa pasteurizadora "Alimentos La Concordia S.A. de C.V", y los centros de acopio y enfriadoras pertenecientes a la empresa. La información fue la que el personal de la planta nos pudo proveer. La información obtenida fue de las variables de calidad que actualmente se registran en planta y algunas de origen zootécnico, tales como conteo de células somáticas (CCS), reductasa, crioscopia, acidez, densidad, sedimentos, lactosa, sólidos no grasos, sólidos totales, proteína, grasa y densidad. La base de datos recolectada fue a partir de 1998, hasta el 2004. Se

elaboró una base de datos con 669,217 observaciones de todas las variables, para construir distribuciones de frecuencia por cada variable y comparar los centros de acopio colectivos e individuales. Esto con la finalidad de comparar en que nivel de calidad se encuentran las variables analizadas.

Análisis estadístico

La información histórica de las variables de calidad de la leche se analizó con el paquete estadístico SAS (SAS,2001). Se utilizó el procedimiento MEANS para obtener los estadísticos descriptivos de las variables analizadas para cada tipo de sistema de acopio. El procedimiento FREQ se utilizó para obtener las distribuciones de frecuencia que se compararon con los valores de referencia de la NMX-F-700-COFOCALEC-2004.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron datos de centros de acopio colectivos e individuales, los parámetros descriptivos para cada variable se muestran en el Cuadro1:

Cuadro1. Estadísticos descriptivos para variables de calidad de leche de termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora ubicada en Los Altos de Jalisco

Variable	N(Número de datos)	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Centros de acopio colectivos				
Grasa(%)	15,489	3.5	0.15	4.10
Proteína(%)	4,690	3.03	0.13	4.15
Lactosa(%)	4,711	4.7	0.24	5.07
Sólidos No grasos(%)	4,710	8.6	0.24	2.77
Sólidos totales(%)	4,714	12.3	0.44	3.60
Reductasa(minutos)	13,561	535.3	85.98	16.06
Crioscopia(°H)	15,496	-0.540	0.0036	-0.66
Acidez(g/L)	11,703	1.35	0.03	2.49
Cuenta de células somáticas(miles)	4,779	981.8	521.6	53.12
Densidad(g/cm ³)	11,243	1.03	0.00294	0.28
Temperatura(°C)	15,261	3.7	0.98	26.57
Sedimentos	6,659	1.35	1.47	109.36
Centros de acopio individuales				
Grasa(%)	74,751	3.58	0.15	4.21
Proteína(%)	17,959	3.06	0.16	5.22
Lactosa(%)	17,981	4.68	0.25	5.30
Sólidos No grasos(%)	17,974	8.68	0.27	3.16
Sólidos totales(%)	17,935	12.30	0.49	3.98
Reductasa(minutos)	74,238	605.04	58.2	9.61
Crioscopia(°H)	74,759	-0.540	0.004	-0.80
Acidez(g/L)	70,119	1.34	0.03	2.46
Cuenta de células somáticas(miles)	33,852	795.5	595.3	74.8
Densidad(g/cm ³)	65,986	1.03	0.0014	0.14
Temperatura(°C)	72,681	3.74	0.85	22.84
Sedimentos	27,966	0.39	0.73	189.5

En general se analizaron datos desde 1998 hasta 2004, teniendo un total de 669,217 datos de todas las variables analizadas, provenientes de 235 proveedores de leche de la empresa en estudio.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TERMOS COLECTIVOS E INDIVIDUALES CON LA NORMA MEXICANA PARA LECHE CRUDA

GRASA

De acuerdo con la Figura 1, se observa que en ambos tipos de acopio (colectivo e individual) el 90% de los ganaderos cubre con los parámetros que establece la norma mexicana, sin embargo los termos individuales lo hacen en mayor porcentaje(98%) comparado con los colectivos(92%). Podemos decir que el tipo de acopio sí es un factor que determina la variación en el cumplimiento con la norma para la variable grasa. Por otra parte se encontró que en promedio los termos individuales tienen mayor contenido de grasa que los colectivos (3.6% y 3.5% respectivamente); esta diferencia en cuanto al contenido promedio de grasa se puede explicar debido a las diferencias en cuanto al tipo de alimentación del ganado, pues mientras en los colectivos la alimentación especializada a base de dietas balanceadas podría ser escasa, mientras en los

datos de términos individuales la alimentación es a base de dietas balanceadas en mayor proporción. Con respecto a las innovaciones tecnológicas como factor de variación, podríamos decir que los ganaderos de términos individuales han incluido mayor cantidad de ellas tales como mejoramiento genético, lo que ha dado como resultado mejoras en la genética del ganado en cuanto a cantidad y calidad de leche se refiere. Al respecto Ramos (1976) establece de modo general, que uno de los factores más importantes del cual depende la composición de la leche, es la raza de ganado, y es así como la leche producida por diferentes razas tiene grandes variaciones en su composición química; asimismo, son muy importantes las líneas genéticas, ya que en la actualidad, y gracias a los grandes progresos realizados en este campo, se han desarrollado estirpes de ganado en las cuales se ha conseguido mejorar, por cruces controladas, tanto la calidad como la cantidad de leche proveniente de esos animales, logrando así familias de alta producción de leche y grasa.

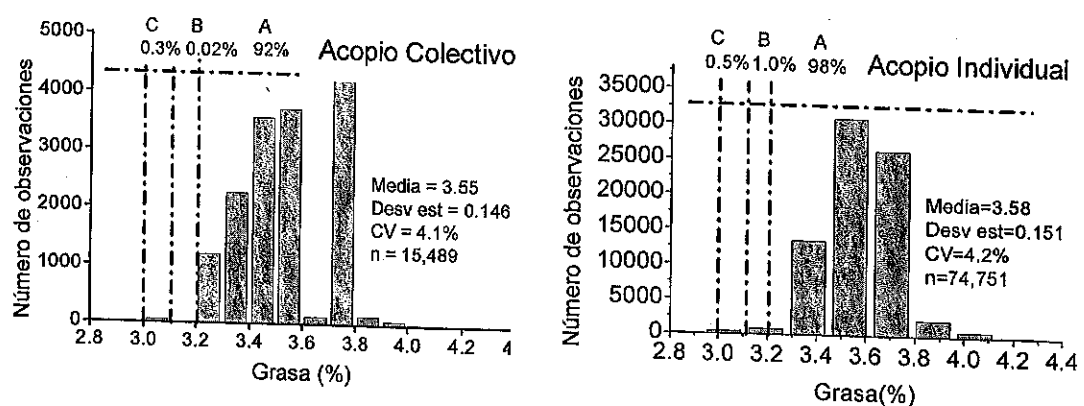


Figura 1. Distribuciones de frecuencia para porcentaje de grasa de leche entregada en términos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco.

CRIOSCOPIA

Los análisis reflejan que en ambos tipos de acopio (colectivo e individual) el 99% de los productores se encuentra dentro de norma (Figura 2). De acuerdo a estos resultados, se puede decir que la capacidad de adopción de los productores y el cumplimiento con la norma, es similar en ambos tipos de acopio y además, ambos grupos de productores han adoptado de la mejor manera las política de calidad de la empresa incurriendo cada vez menos en prácticas de adulterado como en este caso, el aguado de la leche. Todo lo anterior es consecuencia del establecimiento en la mayoría de los países, de los sistemas de pago de la leche según calidad, y el desarrollo cada vez mayor del control lechero para una mejor selección del ganado productor de leche(Vega *et al.*, 2003).

Con respecto a los resultados se puede argumentar que si los ganaderos se encuentran muy por arriba de este rango se podría traducir como un posible aguado de la leche ó si esta por debajo del rango podría presumirse que el hato de donde se obtuvo la leche tiene gran incidencia de mastitis y por lo tanto los sólidos aumentan ó posiblemente es leche con alto grado de calostro, o algún otro factor que mueve la cantidad de sólidos en la leche.

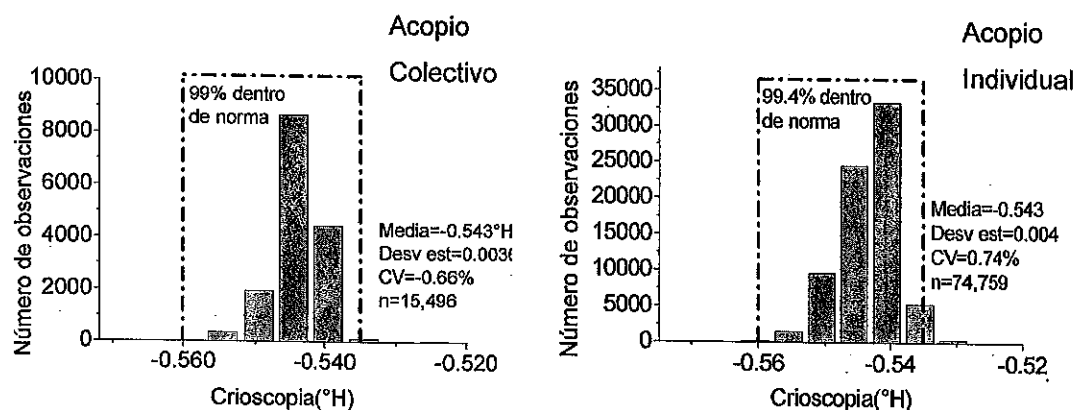


Figura 2. Distribuciones de frecuencia para crioscopia de leche entregada en términos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco.

REDUCTASA

Esta es una prueba rápida de gran importancia para cuantificar indirectamente la carga bacteriana de la leche. Debido a que no es una prueba oficial y directa, la norma no establece valores para esta, pues la forma de conocer directamente la carga bacteriana es mediante la prueba microbiológica de recuento total en placa. Esta prueba requiere por lo menos 48 horas para conocer el resultado final, lo cual para la industria láctea resulta complicado, por ello es que se han implementado pruebas más rápidas basadas en la reducción de colorantes, como es el caso de esta prueba de reductasa y otras como la prueba de resazurina (Alais, 1997). La reductasa es un parámetro de gran importancia para medir la calidad sanitaria y microbiológica de la leche, pues como ya mencionamos, aunque de manera indirecta mide la carga bacteriana del lactcinio. Así, esta variable refleja la higiene con la que se realizó la ordeña

y la limpieza de los equipos que entran en contacto con la leche hasta antes de llegar a la planta de proceso.

Los resultados del análisis se compararon con el límite mínimo que la empresa establece que es de 550 minutos para termos individuales y colectivos, encontrándose que en los termos colectivos arriba del 53% de los ganaderos está dentro del límite establecido por la empresa, mientras en los individuales el 89% cubre este requisito (Figura 3). Si bien es cierto que los termos individuales en promedio se encuentran por arriba que los colectivos (605 y 535 minutos respectivamente), es importante resaltar que los colectivos están ligeramente abajo del límite mínimo exigido por la empresa. Estas pequeñas diferencias entre termos colectivos e individuales representan un reto y área de mejora para la empresa, específicamente para el departamento agropecuario de la misma, además son el reflejo de que es más fácil controlar las condiciones higiénicas y sanitarias de la leche en termos individuales que en los colectivos. Esto debido fundamentalmente a que la leche almacenada en el termo individual es de un solo productor, por lo tanto las condiciones en las que ésta se obtiene son mejores que en los colectivos, en los cuales la leche obtenida es una mezcla de varios productores, quienes la han obtenido bajo distintas cuidados higiénicos y sanitarios.

^a TRAM: Tiempo de reducción de azul de metileno, conocido como prueba de Reductasa.

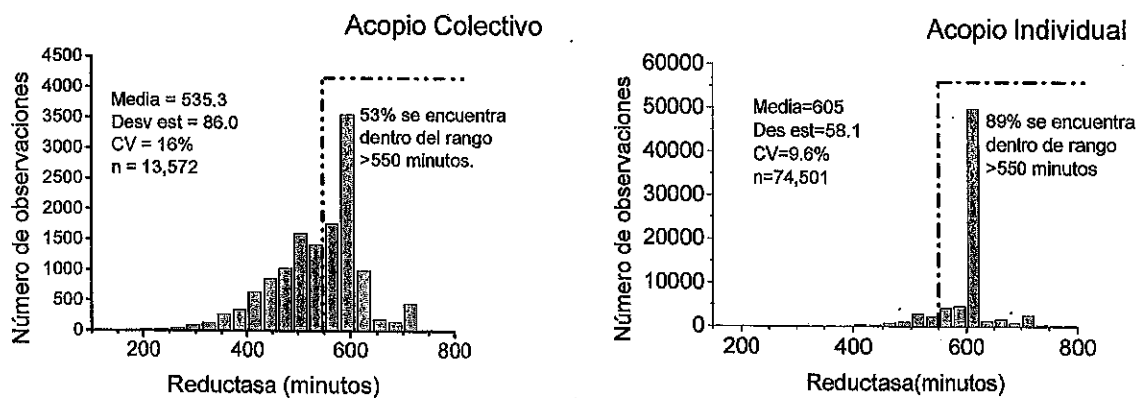


Figura 3. Distribuciones de frecuencia para reductasa (TRAM)^a de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco.

TEMPERATURA

La importancia de este parámetro radica en que es un factor que inhibe el crecimiento bacteriano, es decir mientras más rápido sea el enfriamiento de la leche para llegar a la temperatura de los 4°C, el crecimiento bacteriano será mínimo, sin embargo la refrigeración por sí sola pudiera no ser efectiva si la carga bacteriana inicial es muy elevada. A diferencia de otros parámetros, éste depende más de la efectividad del equipo de enfriamiento que de cuestiones del tipo de producción; así, de la misma forma que para la mejora de otras variables, está requiere de transferencia de tecnología a los productores, básicamente para concientizar al productor acerca de la entrega oportuna de la leche y para la operación y limpieza adecuada del equipo de refrigeración.

De acuerdo a Figura 4, se obtiene que en promedio la temperatura de la leche para los dos tipos de acopio (colectivo e individual), es similar 3.7 y 3.8° C, sin embargo un porcentaje más alto de los productores colectivos se encuentra por debajo de los 4°C (50%), comparado con los productores individuales de los cuales el 41.3% está por debajo de 4°C. Estos resultados reflejan que aún no se tiene control sobre la temperatura, lo que representa un reto para la empresa, pues es uno de los factores críticos en el proceso de acopio y transporte de la leche que influye en la inhibición ó multiplicación de la carga bacteriana inicial de la leche.

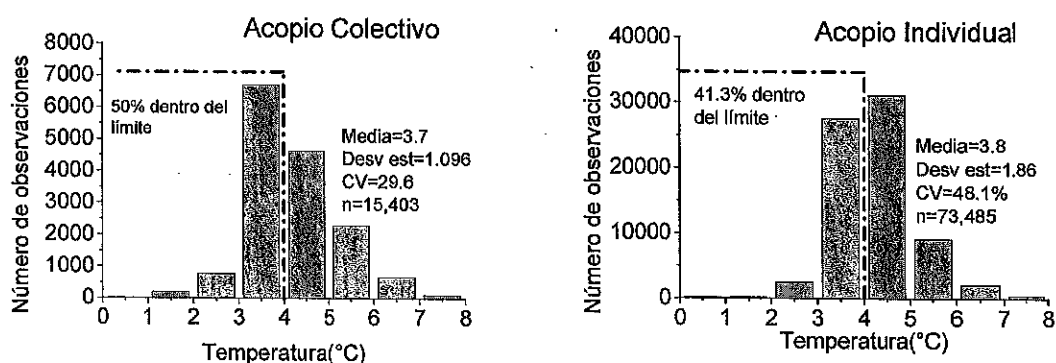


Figura 4. Distribuciones de frecuencia para temperatura de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

SEDIMENTOS

Este parámetro es un indicador de la limpieza con que se hace la ordeña y la limpieza de los equipos de almacenamiento de la leche, ésta debe estar libre de impurezas y materias gruesas. De acuerdo a la Figura 5, se observa que la mayoría de los productores en ambos tipos de acopio se encuentran en los

niveles más bajos; sin embargo, los individuales en promedio están en un nivel más bajo que los colectivos. Esto se atribuye a que en los termos colectivos acuden varios productores a entregar su leche, por tanto cada uno posee formas distintas de ordeño y cuidado en el ordeño y transporte de la leche, mientras que en el termo individual es un solo productor y tiene más control sobre la producción y obtención de la leche. La norma mexicana expresa que la leche debe de ir libre de materia extraña; por lo consiguiente, y de acuerdo a los resultados, ésta es un área de mejora para la empresa.

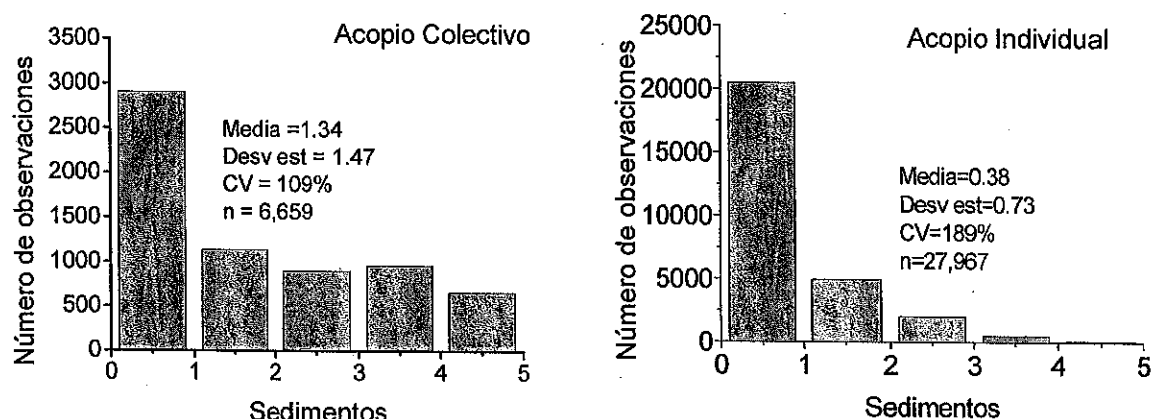


Figura 5. Distribuciones de frecuencia para sedimentos de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

SÓLIDOS NO GRASOS

Los sólidos no grasos se componen de la fracción proteica, lipídica y lactosa de la leche, por lo tanto su variación depende del comportamiento de estos

componentes. La variabilidad depende principalmente de la edad de la vaca, etapa de lactancia y salud del animal.

La norma mexicana declara como valor mínimo 8.3%. Del análisis se obtiene que en ambos tipos de acopio, el 93% de los productores se encuentra dentro de la especificación y en promedio ambos están en 8.6% (Figura 6), básicamente la mejora estaría dada por la alimentación del ganado.

En general, se puede decir que en ambos tipos de acopio es necesario la focalización y mejora la cual debe ser dirigida principalmente a desechar vacas que producen en cierta forma leche más diluida comparada con vacas de pocas lactaciones, salud del animal principalmente enfocada a cuidar la sanidad de la glándula mamaria y alimentación del animal. Pues de una u otra forma estos factores afectan la composición.

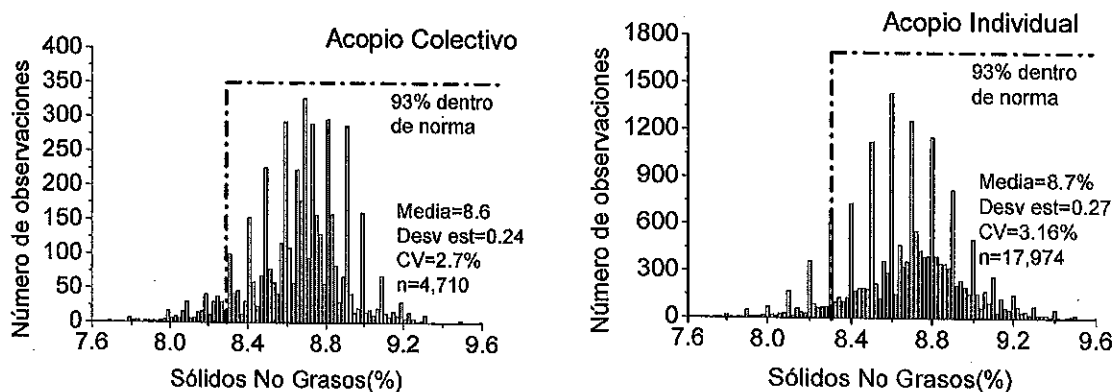


Figura 6. Distribuciones de frecuencia para sólidos no grasos de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

DENSIDAD

Este parámetro es una propiedad física de la leche que se ve influenciada principalmente por la temperatura y la composición propia de la leche, por ello es que se hace una corrección por temperatura cuando es diferente a 15°C. La norma mexicana maneja para este parámetro un valor mínimo de 1.0295 g/mL. En este estudio se encontró en promedio que ambos tipos de acopio se encuentran dentro del límite establecido por la norma; así, entre los ganaderos de los termos colectivos el 93% cumple con el requisito de la norma, en tanto que en los individuales el 97% cumple (Figura 7). Estas variaciones sin lugar a duda están dadas por factores del mismo hato, como la raza, edad, etapa de lactancia, alimentación, entre otros.

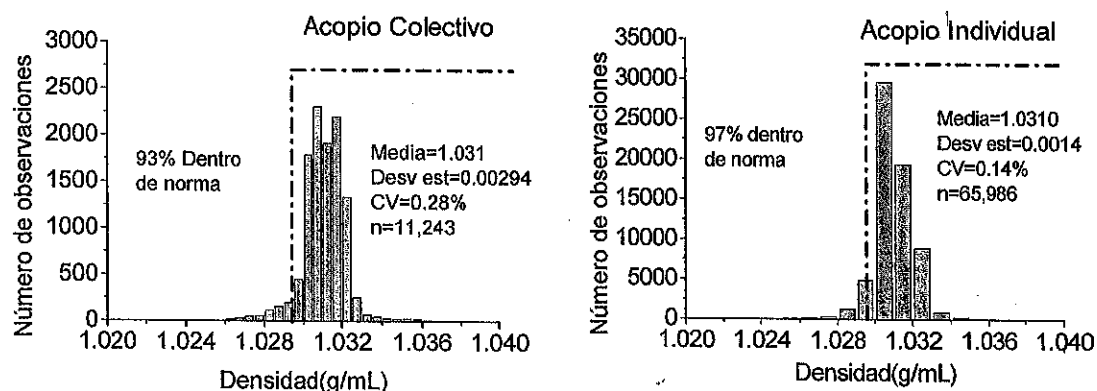


Figura 7. Distribuciones de frecuencia para densidad (D₁₅) de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

ACIDEZ

El monitoreo de este parámetro es de vital importancia para la detección indirecta de la carga bacteriana y la higiene con la que se ha realizado el ordeño y transporte de la leche. En general, la leche tiene una reacción iónica cercana a la neutralidad, la leche de vaca tiene una reacción débilmente ácida, sin embargo una acidez por arriba de 1.7 g/L, causaría problemas para el procesamiento al ocasionar el cortado (cuajado) de la leche, debido al exceso de bacterias ácido lácticas y flora nociva (Amiot, 1991). Sin embargo, es importante considerar que por sí sola la leche posee cierto grado de acidez natural, dada por las caseínas, sustancias minerales, ácidos orgánicos y fosfatos, denominados como reacciones "*over run*" (Alais, 1997).

De acuerdo al análisis, en promedio en ambos tipos de acopio los ganaderos se encuentran en 1.34 g/L, que desde el punto de vista de la norma están dentro del rango permitido. También se observa en la Figura 8, que los ganaderos de termo colectivo el 98% cumple con la norma, mientras que en los individuales lo hace el 99%, estos valores reflejan que aunque en pequeña proporción los ganaderos individuales realizan con más higiene y limpieza el ordeño, además de enfriar inmediatamente después del ordeño la leche inhibiendo así el desarrollo bacteriano, aunque en este caso los ganaderos que no cumplen con los niveles establecidos por la norma (1.3 a 1.6 g/L) no están por arriba sino por debajo del límite mínimo (1.3 g/L), lo que se explica por el tipo de alimentación.

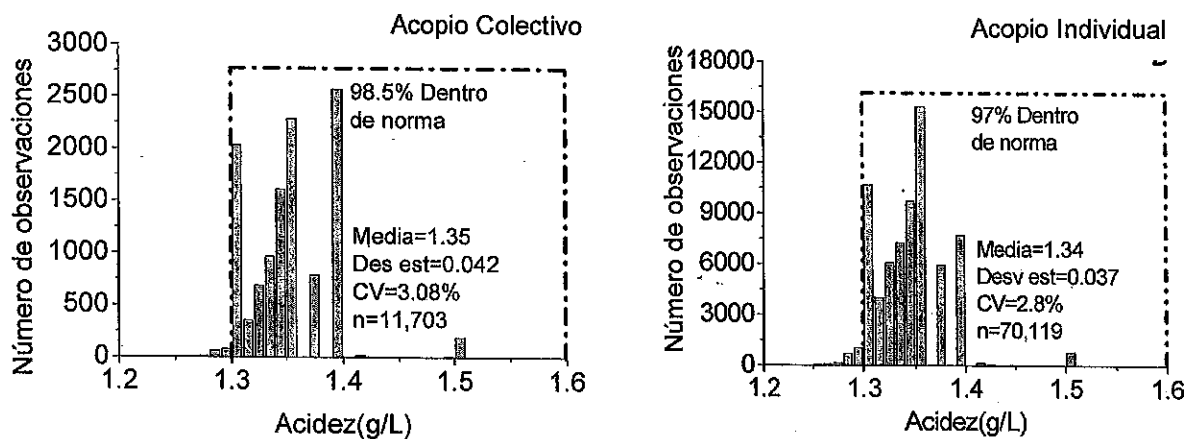


Figura 8. Distribuciones de frecuencia para acidez de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

SÓLIDOS TOTALES

En esta variable se consideran todos los componentes de la leche, excepto el agua. La norma mexicana no especifica valores mínimos, sin embargo tomando en cuenta el valor mínimo requerido para grasa butírica, tenemos que el valor mínimo para este parámetro es de 11.3%.

De acuerdo a la Figura 9 se observa que en promedio ambos tipos de acopio (colectivos e individuales) se encuentran en 12.3%, y el porcentaje de ganaderos dentro de este rango es de 97.5% en ambos casos. Debido a que es un parámetro que engloba varios parámetros su variabilidad estaría dada por la variación de esos componentes, como lactosa, sólidos no grasos y grasa;

entonces, el área de mejora estaría dada por los factores que afectan la composición de los componentes mencionados, entre los cuales se menciona la raza del animal, la edad, etapa de lactancia y las condiciones de alimentación.

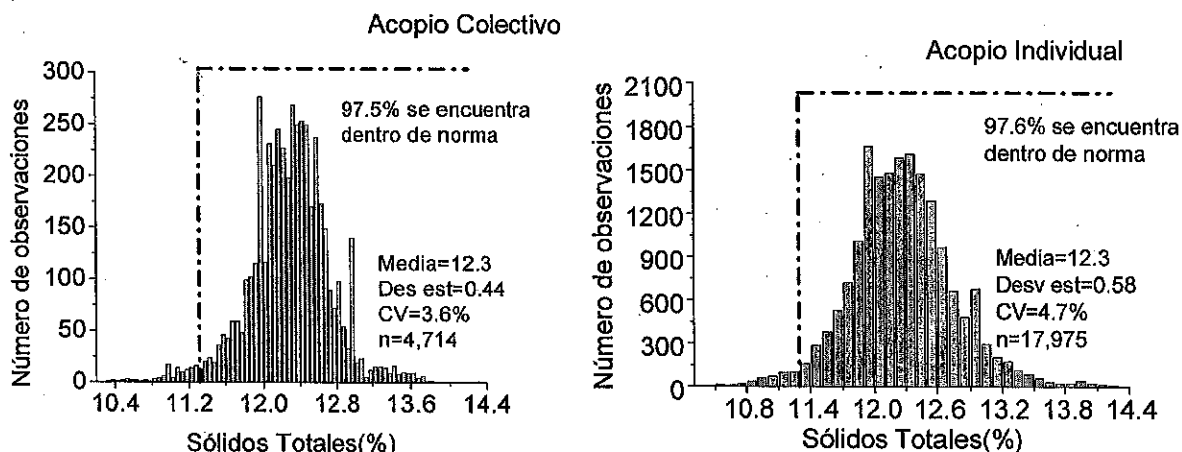


Figura 9. Distribuciones de frecuencia para sólidos totales de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

LACTOSA

Es el principal azúcar de la leche y el componente más abundante, se forma en la glándula mamaria a partir de la glucosa; es un azúcar muy raro en la naturaleza en algunos casos se sintetiza en la mama a partir de la glucosa sanguínea y en los rumiantes a partir de ácidos grasos volátiles (Amiot, 1991). Sin embargo, la mayor importancia radica en que es el factor que limita la producción de leche; es decir, la cantidad de leche producida depende de la síntesis de la lactosa en la mama, debido a que es el elemento soluble más

abundante y su actividad osmótica es más elevada que la de otros componentes. En la Figura 10, se observa que tanto los ganaderos de termos colectivos como individuales cubren en un 89% con lo establecido por la norma que es de 4.3% como valor mínimo. Por otra parte el 10% de los ganaderos que no cumplen con la norma en donde sería posible canalizar esfuerzos enfocados a los factores que afectan la variación de la lactosa. El principal factor que afecta este componente se da durante la secreción láctea y el trasudado en los cuales se separa de la sangre que tiene la misma presión osmótica que ésta, de aquí la importancia de la lactosa en la secreción de leche, puesto que la presión osmótica se debe casi exclusivamente a la lactosa y sales solubles en la leche, y la relación entre una y otra es reciproca, es decir, la lactosa aumenta cuando las sales solubles disminuyen, y viceversa.

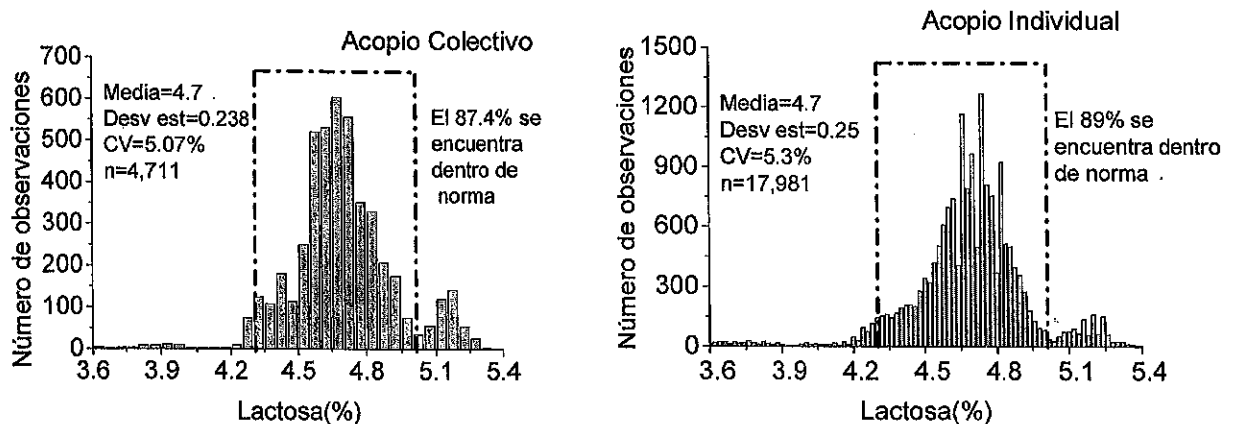


Figura 10. Distribuciones de frecuencia para lactosa de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

PROTEÍNA

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 aminoácidos libres del plasma sanguíneo, pero otra parte (aminoácidos no esenciales) se sintetiza en la glándula a partir de la glucosa, del acetato, etc. La importancia de esta variable es del tipo tecnológico, además de constituir la parte nutricia más importante de la leche. Esta es la materia prima principal para la elaboración de derivados lácteos principalmente para queso, yogurt, etcetera.

La variación de este parámetro se debe a la alimentación; así, si la dieta del hato está compuesta en buena parte de proteínas, urea y sales amoniacaes, la cantidad de ésta en la leche será de normal a media alta; en caso contrario, si la dieta del hato es pobre en los componentes mencionados, la cantidad de proteína en la leche será pobre. La norma mexicana para leche cruda establece tres clases de acuerdo a la cantidad de proteína, teniendo como valor mínimo 2.8% y por arriba de 3.2% como máximo. Analizando la Figura 11, observamos que tanto los ganaderos de termos colectivo como individuales, el 98% de los productores caen cualquiera de las clases y sólo un pequeño porcentaje (2%) esta por debajo del valor mínimo de 2.8%, posiblemente corregible con el mejoramiento genético del ganado.

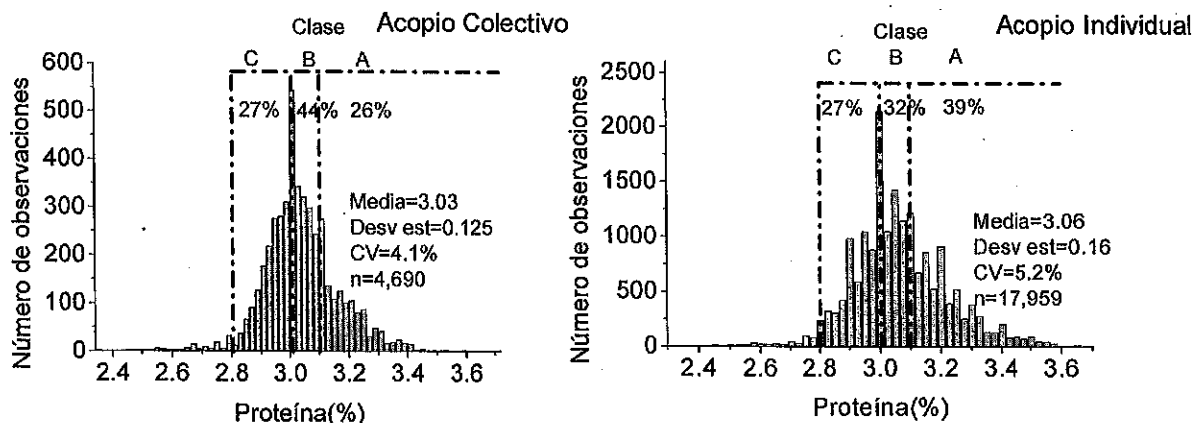


Figura 11. Distribuciones de frecuencia para proteína de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

CONTEO DE CÉLULAS SOMÁTICAS

Este parámetro es un indicador de la salud de la glándula mamaria, su importancia es tecnológica pues un alto grado de CCS en la leche puede ocasionar en los productos lácteos proteolisis, lipólisis, disminución de la vida de anaquel, entre otros (Santos *et al.*, 2003).

Sin embargo por cuestión biológica éstas no pueden llegar a un contenido de cero, pues son células corporales que indistintamente que aumenten con la infección en la glándula mamaria, son generadas naturalmente por la vaca, sin indicar esto algún tipo de enfermedad.

Al analizar los datos, se obtiene que en promedio los ganaderos de los termos individuales se encuentran en niveles más bajos que los colectivos, al igual la cantidad de ganaderos que cubre con lo establecido por la norma es mayor en

los individuales (83%) contra los colectivos que es de 71.5% (Figura 12).

Estas diferencias al mismo tiempo representan una oportunidad de mejora para la empresa, pues a pesar de que la norma maneja un rango muy amplio comparado con otros países como Nueva Zelanda que establece como límite máximo 200,000 células/mL, Canadá establece máximo 500,000 células/mL, sólo por mencionar algunos (Philpot, 2001).

De este análisis se puede deducir que los ganaderos de los termos individuales ponen más énfasis en el cuidado de las enfermedades de la ubre en comparación con los individuales, sin embargo en ambos casos los tratamientos deben focalizarse a tratamientos preventivos y no correctivos, lo que finalmente también repercute en menores costos por tratamiento de la mastitis y mayor rendimiento y por consiguiente el aumento del ingreso por volumen de leche.

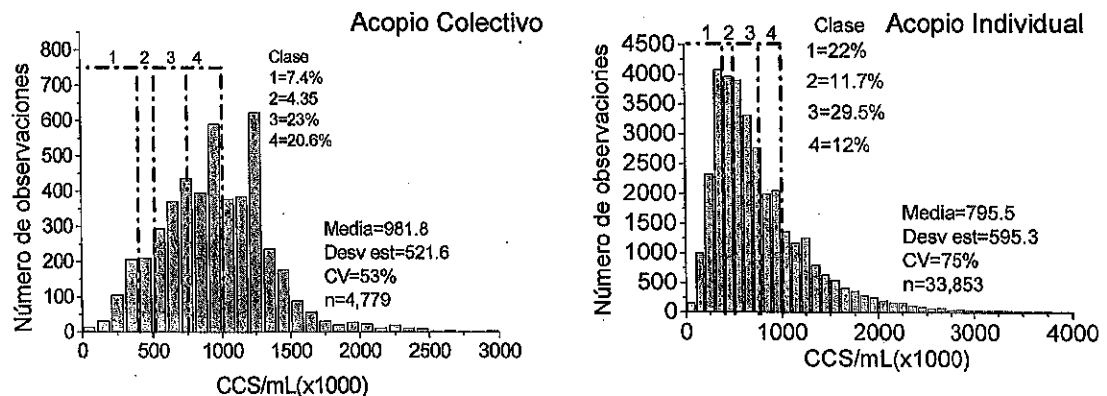


Figura 12. Distribuciones de frecuencia para cuenta de células somáticas de leche entregada en termos colectivos o individuales en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La revolución global de la producción, economía, y del desarrollo ha generado la reestructuración de los sistemas de producción de leche en México, la región de los Altos de Jalisco no ha sido la excepción de ello. Sin embargo aún no se sabe con certeza en cuanto se ha adoptado y adaptado este tipo de políticas en los sistemas de producción. Por lo anterior y a partir de la creación del documento norma mexicana para leche cruda se hace necesario analizar el apego de las variables que se registran diariamente en la empresa de estudio, con los parámetros establecidos por la norma.

Como primera conclusión se obtiene que en general todas las variables analizadas se encuentran dentro de norma en un promedio mayor al 90%; sin embargo, variables como reductasa, temperatura, lactosa y conteo de células somáticas se encuentran en entre 50 y 80%; al respecto podemos argumentar que si bien en general todas las variables cumplen con la norma aunque no en un 100%, los niveles son aceptables. Al respecto podemos mencionar que la norma se elaboró pensando en los distintos sistemas de producción coexistentes en el país, por ello en algunas variables se observan rangos muy amplios de la norma, comparados con los límites de otros países como en el caso del conteo de células somáticas, aún con estos rangos tan amplios, los ganaderos en ambos tipos de acopio cumplen tan sólo en un 50% con la norma. En la comparación del tipo de acopio (colectivo e individual), ambos tipos

cumplen con los parámetros de la norma en la mayoría de las variables a excepción de la temperatura y el conteo de células somáticas; en éstas variables, los termos individuales cumplen con la norma en un mayor porcentaje que los termos colectivos. Estas diferencias reflejan la eficacia de los termos individuales en el enfriamiento de la leche debido a que se recolecta y se enfría la leche de un solo productor en un lapso de tiempo más corto; con respecto a la cuenta de células somáticas, las diferencias en el cumplimiento son el reflejo de que los productores individuales poseen mayor interés por mejorar e informarse en pro de la mejora de la salud de la ubre, pues éste parámetro genera gran cantidad de costos, debido al tratamiento de las vacas por incidencia de mastitis . Podemos decir que los dos tipos de acopio cumplen parcialmente con la norma, detectando que existe un área de mejora para variables como temperatura, reductasa, sedimentos y conteo de células somáticas principalmente.

El análisis refleja que ambos tipos de acopio cumplen con la norma sólo en parte, pues las variables que se han visto menos beneficiadas son las que reflejan la calidad higiénica y sanitaria de la leche, mientras las composicionales sí cumplen con las especificaciones de la norma debido a que en las primeras inciden factores externos menos controlables por los productores, en tanto en las composicionales resulta más sencillo controlarlas además, su variabilidad es menor; a idea es focalizar los esfuerzos y la mejora de la calidad de la leche en

las variables que no satisfacen con los requerimientos de la norma sin dejar de avanzar en las composicionales.

LITERATURA CITADA

- Amiot, J. 1991. Ciencia y tecnología de la leche. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 541pp.
- Alais C. 1997. Ciencia de la leche y principios de técnica lechera. Décima primera reimpresión. Ed. CECSA. México D.F. 594pp. Amiot, J. 1991. Ciencia y Tecnología de la Leche. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 541pp.
- Cullor S.J., 1997. HACCP (Hazard Análisis Critical Control Points): Is It Coming to the dairy?. Journal of Dairy Science. 80: 3449-3452.
- COFOCALEC, 2004. NMX-F-700-COFOCALEC-2004.Sistema producto leche – alimento lácteo – leche cruda de vaca– especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.
- Philpot, W.,N.2001. Importancia de la cuenta de células somáticas y los factores que la afectan. III congreso Nacional de Control de Mastitis y Calidad de Leche. León Guanajuato, México. FISICOQUÍMICAS, SANITARIAS Y
- Ramos C.M. 1976. Manual de Métodos de Análisis de Leche y Lacticiños. México, D.F. 176 pp.MÉTODOS DE PRUEBA.
- SAS®.2001.User's Guide Statistics. 8th ed. SAS Institute Inc., Cary. NC.
- Santos, M.V., Ma, Y., Barbano, D.M. 2003. Effect of Soamtic Cell Count on Proteolisis and lipolisis in pasteurized fluid milk during shelf-life storage. Journal of Dairy Science. 86-2491:2503.

Vega y León S., Vega y León A., Pérez F. N., Gutierrez T.R., Díaz G.G.y
Ramírez A.A. 2003. Problemas de adulteración en leche y derivados.
Revista Lácteos y Cárnicos Mexicanos. Octubre-Noviembre.

www.siea.sagarpa.gob.mx/ar_comanupec.html

www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/anleche.html#comercial

CAPITULO 4

TENDENCIAS, ESTACIONALIDAD Y CALIDAD DE LECHE EN UNA EMPRESA PASTEURIZADORA UBICADA EN LOS ALTOS DE JALISCO

Anastacio Espejel-García, José G. García-Muñiz, Manrubio Muñoz-Rodríguez, Abraham Villegas-De Gante,
Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, Departamento de Ingeniería Agroindustrial.
Universidad Autónoma Chapingo,
km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230. e-mail: aespejlg@correo.chapingo.mx

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto del tipo de acopio, mes, año y centro de recibo sobre la calidad de leche cruda en la empresa pasteurizadora Alimentos La Concordia S.A de C.V ubicada en Los Altos de Jalisco. Las variables analizadas fueron, acidez, lactosa, conteo de células somáticas, crioscopia, densidad, grasa, reductasa, proteína, sedimentos y temperatura de la leche. La información comprendió a los años 2001 a 2004 y se obtuvo mediante recolección directa en archivos de la empresa. De acuerdo con los resultados se concluye que sí existen diferencias ($p < 0.05$) entre los años analizados, observándose una tendencia de mejora en las variables que tienen que ver con la higiene y sanidad, sin embargo las variables composicionales han disminuido ligeramente. Además, en términos generales la

calidad del sistema de acopio individual es mejor que el colectivo, y el centro de acopio de Sta. María presentó mejor calidad que el centro de recibo de Lagos.

Palabras clave: Calidad de leche, sistema de acopio, estacionalidad, tendencia

TRENDS, SEASONALITY AND MILK QUALITY IN A PASTEURIZING COMPANY IN LOS ALTOS OF JALISCO, MEXICO.

ABSTRACT

The aim of this work was to determine the effect of the type of collection system, month, year and place of reception on the quality of raw milk in the pasteurizing company *Alimentos La Concordia S.A de C.V*, located in Los Altos de Jalisco, Mexico. The variables analyzed were: acidity; lactose; somatic cells count; freeze depression point; density; fat; reductase; protein; sediments; and milk temperature. The information was compiled during the years 2001 to 2004 and was obtained by direct compilation from the company's files. According to the results, it was concluded that there are significant differences ($p < 0.05$) within the years being analyzed. There was an observable tendency for improvement in the variables related to hygiene and sanitation. Nevertheless, the compositional variables diminished slightly. In general terms, the quality of the individual collection system is also better than the collective one, and the collection center of Sta. Maria presented better quality than the Lagos one.

Key words: Milk quality, collection system, season, tendency

INTRODUCCIÓN

El concepto de calidad y mejoramiento de la calidad conjuntamente con el de globalización, han venido a modificar los esquemas tradicionales de producción de leche basados en cantidad a costa de la calidad. El concepto actual se relaciona con términos como competitividad, eficiencia y eficacia, efecto de cambios en el entorno de los sistemas de producción de leche coexistentes en cada una de las distintas regiones de México.

Es por ello que estudios como este permiten cuantificar los avances y logros en materia de calidad de leche. Generalmente la políticas globales de mejoramiento, calidad e inocuidad y los últimos avances en la materia se difunden principalmente y mayormente en cuencas lecheras y sistemas de producción de mayor relevancia en el país, dejando fuera a los sistemas poco relevantes. Jalisco es el estado de la República cuya producción del sector primario participa con un 10% al P.I.B sectorial nacional. En la producción de leche participó con 17.4% en el 2004 con 1,722.5 millones de litros (SAGARPA/CEA, 2004). El sistema de producción predominante en la región es del tipo familiar, sin embargo se observan algunas explotaciones del tipo semintensivo, lo que nos da una idea que la región está en una etapa de reconversión productiva. A semejanza de lo que esta sucediendo en el mundo, en la región se esta dando la concentración de la producción, es decir existen menos ranchos los cuales producen mayores volúmenes de leche.

Los Altos de Jalisco, específicamente la región de Lagos de Moreno, es un área muy dinámica y en constante cambio, debido a la influencia que ejercen la gran cantidad de empresas procesadoras de leche entre las cuales se puede mencionar Alimentos La Concordia, Sigma Alimentos, Nestlé y Lala, entre otras.

La lucha por la mejora de calidad del lactificio inició a principios de los noventa, cuando las empresas acopiadoras de leche, difunden el esquema colectivo de recolección de leche con el principal objetivo de acopiar leche fría. Sin embargo, es a finales de esa década, cuando la globalización empieza a tener influencia en el sistema lácteo del país y cuándo no es suficiente sólo producir sino hay que producir competitiva y eficientemente (con calidad y a bajo costo). En este momento el sistema sufre otro cambio drástico, influenciado por la teoría de los industriales de que la calidad de la leche proveniente de tanques colectivos era de muy baja calidad, argumentando además que era muy problemático poner de acuerdo a muchos productores y ponerlos en la misma sintonía. Es así que ahora se promueve el esquema de tanques de enfriamiento del tipo individual, bajo la premisa de que es más sencillo tratar con un solo productor y que además éstos, por ser un solo ganadero el cuidado y manejo de la leche es mejor. El resultado de todo este proceso ha sido la disminución en cantidad de los termos colectivos en los Altos de Jalisco de 450 a 350 (1999-2003) y el aumento de los individuales de algunos a cerca de 1000. Este proceso lo que en realidad ha provocado en el sistema ganadero de los Altos de Jalisco, es la

ineficiencia del proceso debido a que los costos de administración y enfriamiento se han visto aumentados unitariamente (Cervantes, 2004).

De acuerdo con esto, el objetivo que persigue este trabajo, es analizar el avance que han tenido las variables de calidad de la leche cruda que se registran diariamente en la empresa de estudio en los años que comprende la investigación, y analizar la estacionalidad que presenta cada una de las variables, y las diferencias existentes entre el tipo de acopio (colectivo e individual) y los sitios de recibo (Lagos y Santa María).

MATERIALES Y MÉTODOS

Sujeto de estudio y variables registradas

Para analizar los efectos de año, mes, tipo de centro y centro de recibo, se trabajó con una base de datos elaborada a partir de los registros de calidad con que la empresa contaba al momento de la recolección de la información. Los años que entraron en el análisis fueron del 2001 al 2004.

La base de datos contó con 630,030 registros, de las variables que se registran diariamente en la empresa de estudio, tales como: acidez (g/L), lactosa (%), cuenta de células somáticas (celulas/mL), crioscopia(°H), densidad(kg/L), grasa(%), reductasa (minutos), sedimentos, temperatura(°C), sólidos totales (%), sólidos no grasos(%) y proteína(%).

Análisis estadístico

La información se sometió a análisis de varianza utilizando el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2001). Ajustándose el siguiente modelo mixto y las medias de cuadrados mínimos para los efectos fijos se compararon con la prueba de Sheffe.

$$Y_{ijklm} = \mu + \text{ACOPIO}_i + \text{AÑO}_j + \text{MES}(\text{AÑO})_{kj} + \text{SITIO}_l + \text{ACOPIO} * \text{AÑO}_{ij} \\ + \text{AÑO} * \text{SITIO}_{jl} + \text{PROVEEDOR}(\text{SITIO})_{lm} + e_{ijklmn}$$

Donde:

μ = media general,

ACOPIO_i = efecto fijo del i-ésimo tipo de acopio (i = individual, colectivo),

AÑO_j = efecto fijo del j-ésimo año de producción (j = 2001, 2002, 2003, 2004),

$\text{MES}(\text{AÑO})_{kj}$ = efecto fijo del k-ésimo mes (k = enero, . . . , diciembre) anidado dentro del i-ésimo año de producción,

SITIO_m = efecto fijo del m-ésimo sitio de recibo (m = Santa María, Lagos),

$\text{ACOPIO} * \text{AÑO}_{ij}$ = efecto fijo de la interacción acopio por año,

$\text{AÑO} * \text{SITIO}_{jm}$ = efecto fijo de la interacción año de colecta por sitio de recibo,

$\text{PROVEEDOR}(\text{SITIO})_{lm}$ = efecto aleatorio del m-ésimo proveedor (m = 1, . . . 235) anidado en el l-ésimo sitio de recibo $\sim \text{NI}(0, \sigma_p^2)$.

e_{ijklmn} = error aleatorio $\sim \text{NI}(0, \sigma_e^2)$.

La forma de cómo se evalúan los parámetros analizados en la empresa de estudio es como sigue: Las variables composicionales como, sólidos totales, sólidos no grasos, lactosa, proteína y grasa, se analizan con el equipo automatico Milko Scan de la compañía Foss. El punto de congelación de la leche (crioscopía) es mediante el crioscopio, los sedimentos se evalúan mediante un embudo al cual se le conecta una bomba de vacío y un filtro de algodón para la cuantificación de las impurezas. La acidez se determina por titulación con hidróxido de sodio al 0.01N agregando fenolftaleína como indicador, la reductasa es mediante la prueba de reducción de azul de metileno, mientras el conteo de células somáticas se realiza mediante el equipo denominado Fossomatic de la compañía Foss. La densidad (D_{15}) se mide con el instrumento denominado densímetro y la temperatura con un termómetro de alcohol.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al estudio se analizó una base de datos de 630,030 registros de los años 2001 a 2005. Las figuras que se presentan son sólo las que presentaron diferencia significativa ($p < 0.05$), los resultados de los análisis de varianza se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Nivel de significancia(Probabilidad) para los efectos de año, sitio, mes e interacciones en variables de calidad de leche

Variable	EFECTOS ANALIZADOS				INTERACCIONES	
	Acopio	Año	Mes (año)	Sitio	Acopio*año	Año* sitio
Acidez	0.0006	<.0001	<.0001	<.0001	0.0106	<.0001
CCS	NS	NS	<.0001	NS	<.0001	NS
Crioscopia	0.0086	<.0001	<.0001	NS	<.0001	<.0001
Densidad	0.0363	<.0001	<.0001	0.0003	<.0001	<.0001
Grasa	NS	<.0001	<.0001	NS	<.0001	<.0001
Proteína	<.0001	<.0001	<.0001	NS	<.0001	NS
Reductasa	<.0001	<.0001	<.0001	NS	<.0001	<.0001
Sedimentos	<.0001	<.0001	<.0001	0.0208	<.0001	<.0001
Temperatura	0.0235	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
SNG	<.0001	<.0001	<.0001	NS	0.0065	NS
ST	NS	<.0001	<.0001	NS	0.0106	NS
Lactosa	NS	<.0001	NS	NS	0.0019	NS

NS: No Significativo.

EFECTO DEL MES Y SITIO DENTRO DE AÑO

ACIDEZ

Para esta variable se encontraron diferencias significativas entre sitios de acopio, entre los meses del año y entre los años analizados y todas las interacciones dobles (Cuadro 1). Analizando la Figura 1(A), obtenemos que los años con registros más altos de acidez se presentaron en el sitio de recibo de Lagos. Esto posiblemente se debe a la planeación para el acopio de la leche y quizás a que las distancias de acopio son más largas, comparado con Sta. María. Sin embargo, entre años se observa una mejora significativa, pues en ambos sitios de recibo, el año 2002 es ligeramente más alto que el 2004 lo que significa mejora en el sistema de acopio y en la organización de las rutas.

A pesar de las diferencias analizadas y de acuerdo a referencias de la literatura

y a la norma mexicana para leche cruda, la acidez se encuentran en un nivel aceptable y en ningún momento se rebasan los límites (1.3 a 1.6 g/L). Los meses más altos son septiembre (1.41g/L), octubre(1.40g/L) y noviembre(1.38g/L), los cuales se encuentran en el año 2002 en el sitio de recibo de Lagos.

LACTOSA

Esté es el azúcar cuantitativamente más importante de los sólidos no grasos. La leche contiene alrededor de un 5%, la leche en polvo desnatada contiene cerca de 52% y el lactosuero en polvo un 70%. De acuerdo a los análisis se encontró que existe diferencia ($p<0.05$) entre los años analizados, observándose en la Figura 1(B), que el año 2002 es el que presenta la curva más elevada, de hecho ligeramente por arriba de lo que establece la norma y la bibliografía, que es un máximo 5.0%. En tanto los años 2003 y 2004, presentan una tendencia más uniforme y dentro de norma.

Es de gran importancia conservar los niveles óptimos de lactosa, pues de ello depende la producción de leche. De igual forma una baja en la cantidad de lactosa estaría indicando que el hato posee algún tipo de enfermedad de la glándula mamaria.

Las diferencias observadas en la Figura 1(B), están dadas principalmente por la transferencia de tecnología difundida hacia los ganaderos en cuestión de

alimentación, lo que se refleja en el mayor apego al rango normal. Es importante aclarar que en la grafica sólo se analiza al centro de recibo de Lagos, pues para el sitio Sta. María no se contó con dicha información.

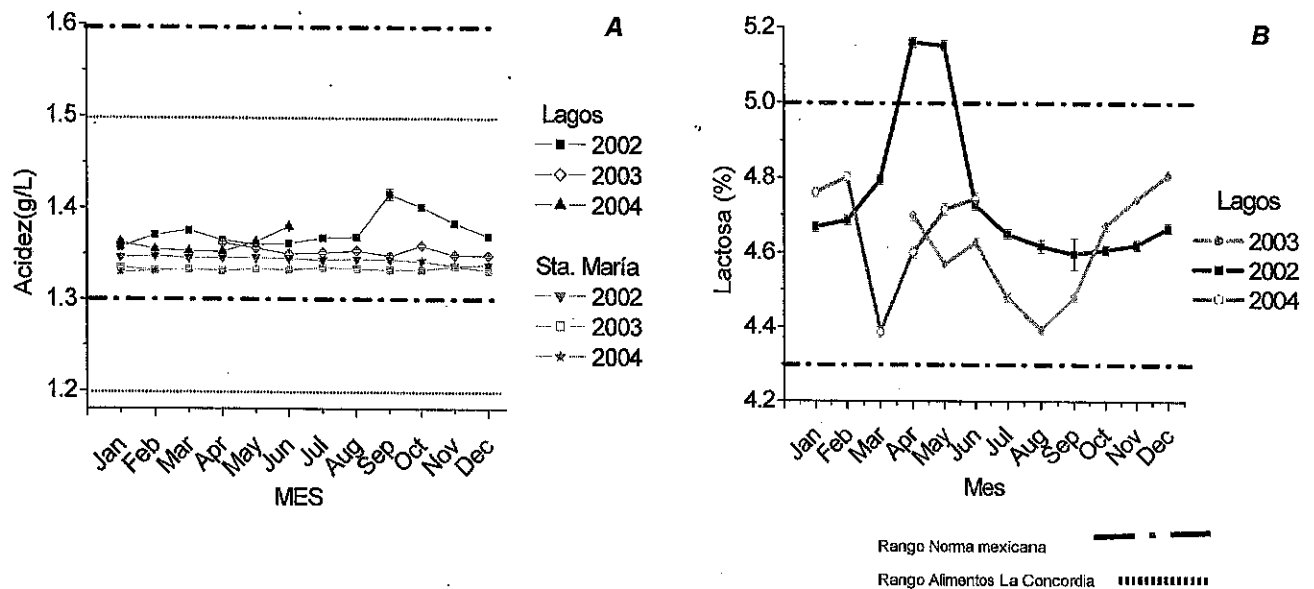


Figura 1. Efecto de mes para acidez (A) y lactosa (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

CONTEO DE CÉLULAS SOMÁTICAS

De acuerdo a los análisis, no se encontró diferencia entre centro de recibo (Lagos y Sta. María); Sin embargo al analizar los años se encontró diferencia ($p < 0.05$) entre los meses y los años analizados para cada centro de recibo.

En la Figura 2, se observa que el año 2002 es el más alto superando el límite máximo de lo establecido por la norma, sin embargo para el caso de Sta. María, en el año 2003 se ubica en los rangos establecidos, a diferencia de los

ganaderos de Lagos quienes si bien es cierto que disminuyen en la cuenta de células somáticas, aún rebasan el límite máximo.

Otra observación es que entre los meses se encontraron diferencias significativas, presentándose los valores máximos en agosto, lo que coincide con la época de lluvias, explicándose, debido a que en esta época del año los corrales están más sucios. Al respecto Ruegg, (2004), menciona que la limpieza de las instalaciones tiene gran influencia en la tasa de aparición de mastitis clínica y subclínica en el hato, y que las prácticas de higiene en hatos con alta CCS es generalmente más pobre que en los hatos con baja CCS. Además, cuando la cama está seca se registran CCS menores a 283,000, comparado con camas húmedas cuya CCS fue mucho mayor. En este mismo estudio también se encontró que los hatos con CCS mayor a 250,000 presentaban mayor cantidad de estiércol en los alojamientos, menor frecuencia de limpieza, menor material en camas y mayor utilización de paja en la cama.

En nuestro estudio diferencias en CCS entre años se explica debido al programa de mejora de la calidad que la empresa ha implementado; no obstante aunque los datos son elevados, el logro es importante pues anteriormente no se cuantificaba el conteo celular somático.

Es importante poner más énfasis en la mejora y disminución del conteo celular somático en el hato, pues un exceso de éstas conduce a la pérdida de rendimiento quesero por efecto de proteolisis y baja calidad sensorial debido a

lipólisis, además de que los costos por tratamiento de las vacas enfermas de mastitis es elevado. Por ello, la detección a tiempo de la mastitis reducirá perdidas en rendimiento y costos por tratamientos correctivos.

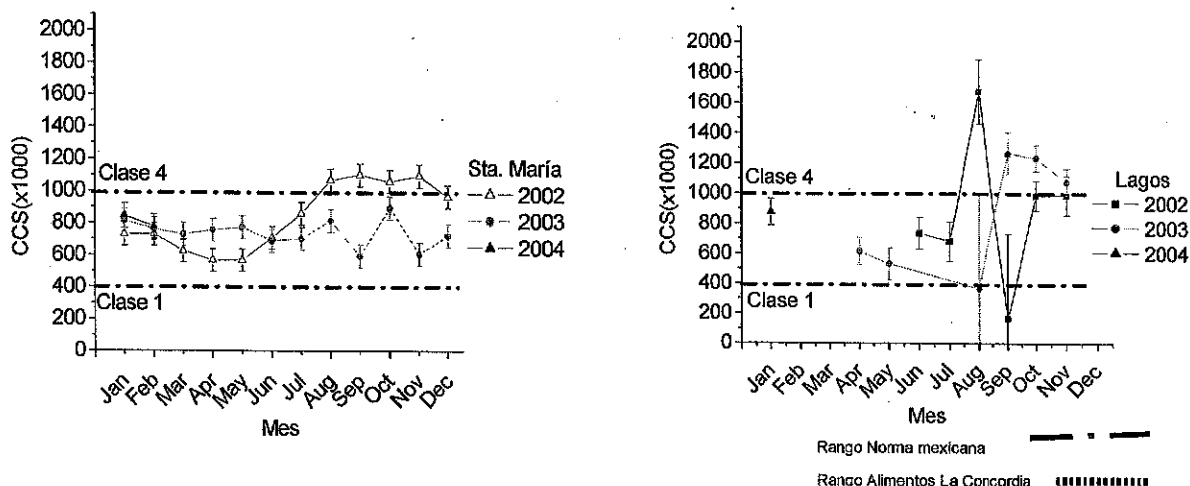


Figura 2. Efecto de mes para conteo de células somáticas en Sta. María y Lagos de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

CRIOSCOPIA

Se detectaron diferencias ($p < 0.05$) entre centros de acopio y entre los meses y años analizados. En la Figura 3 observa el comportamiento de la crioscopia durante los meses del año y la tendencia en los años analizados. Para el caso de Lagos, que corresponde a Lagos, se observa que todos los años están dentro de norma y además las curvas están compactas, comparadas con las de Sta. María en la cual están más dispersas. Con respecto a las diferencias entre los meses están dadas por la época de lluvias, así en los meses de mayor

precipitación la crioscopia sufre un descenso hacia los 0°C debido a que la leche contiene ligeramente mayor cantidad de agua por la alimentación del animal. En contraste con la época de estiaje, la crioscopia tiende a ser más baja por efecto de la concentración de los componentes de la leche, a causa del tipo de alimento que consumen las vacas. Finalmente, ambos centros de acopio se alinean con los parámetros de la norma, aunque a medida que han pasado los años la variación dentro de los años ha disminuido; es decir la mejora para este parámetro se está dando. Es importante mencionar que además del tipo de alimentación, lo que en realidad se pretende con la medición de esta variable es la adulteración de la leche con agua, práctica muy común hasta hace algunos años, la cual se ha disminuido.

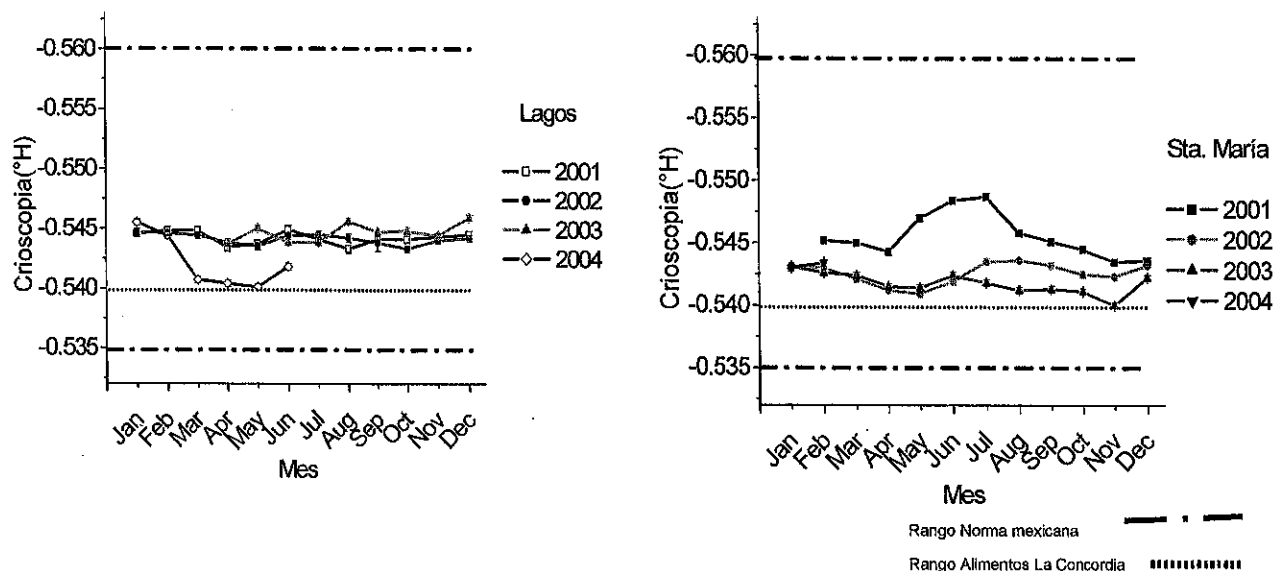


Figura 3. Efecto de mes para crioscopia en Lagos y Sta. María de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

DENSIDAD

En la Figura 4, se presentan los efectos significativos de mes y año dentro de cada sitio de colecta. En la Figura del centro de recibo de Lagos, se observa que la curva del año 2002 es estable con ligera tendencia a la alta además, se encuentra dentro de norma, sin embargo para 2003 esperaríamos mejora, pero fue así, pues de hecho en ciertos meses del año (mayo) sale de norma y en promedio se encuentra que es el año más bajo de los analizados. Se observa una tendencia a la baja, es decir las curvas tienden a disminuir, esto para el centro de recibo de Sta. María, pues para Lagos en general la tendencia es creciente de las curvas analizadas. Estas diferencias se ven influenciadas por la composición de todos los elementos sólidos de la leche, sin embargo una disminución muy repentina puede estar dado por el aguado.

En la Figura 4, se observan las curvas del centro de recibo de Sta. María, en la cual la distribución a través de los años es estable y todos se encuentran dentro de norma, sin embargo la tendencia es a la baja contrario a la tendencia de Lagos, observándose que el año 2002 es el más elevado y el 2003 el más bajo, agregando que en la época de lluvias existe una disminución por efecto de la dilución debido a que el alimento que consume el animal posee mayor cantidad de agua. Podemos decir que sí ha cambiado la tendencia a través de los años, sin embargo ésta se ha comportado a la baja, quizás por el efecto de tratar de mejorar la calidad sanitaria de la leche, descuidando la calidad composicional.

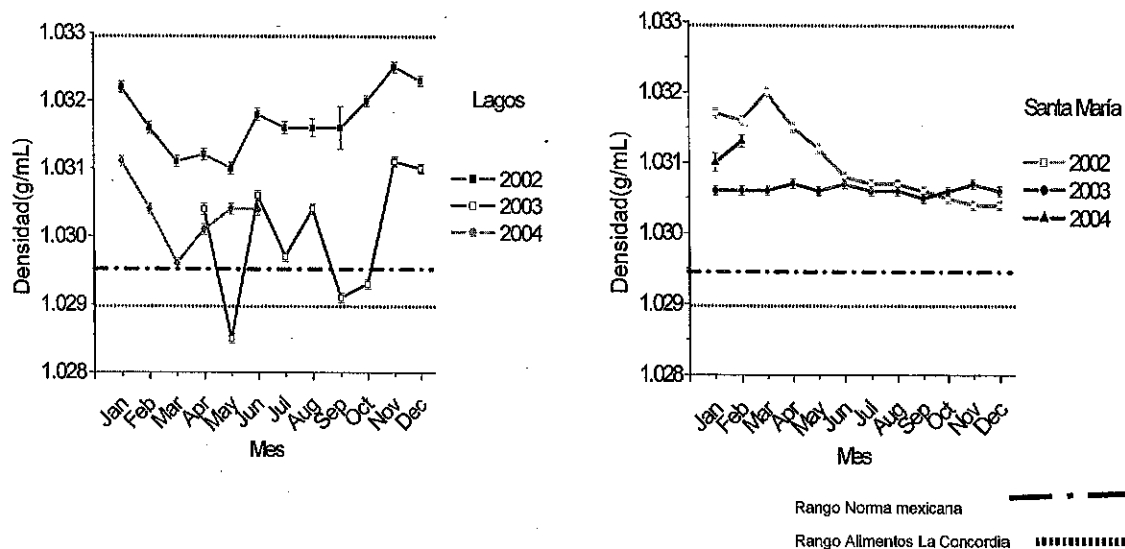


Figura 4. Efecto de mes para densidad en Lagos y Sta. María de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

GRASA

En la Figura 5, se aprecia el comportamiento que la variable ha tenido a lo largo de los meses dentro de cada año y dentro de cada centro de recibo.

La Figura 5, representa el comportamiento de la variable en el centro de recibo de Lagos, en promedio los años más altos son el 2002 y 2003 con 3.57% y el más bajo es el 2001 con 3.53%,. Esto marca una tendencia a la alza, es decir, que con el paso de los años el porcentaje de grasa en este sitio se ha mejorado. Con respecto a los meses se observa un comportamiento estacional; es decir, en la época de lluvias cuando el forraje verde contiene mayor cantidad de agua se refleja en una ligera disminución en el contenido de materia grasa.

En la Figura 5, se observa el comportamiento del contenido graso en el centro de recibo de Sta. María, cuya tendencia es similar al centro de recibo de Lagos pues el año 2001 es el que presenta en promedio menor contenido graso (3.49%) y el más alto 2004, con 3.6%. A pesar de estas diferencias, ambos centros de recibo se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma que es mínimo 3.0% para la clase C y mayor a 3.2% para la clase A.

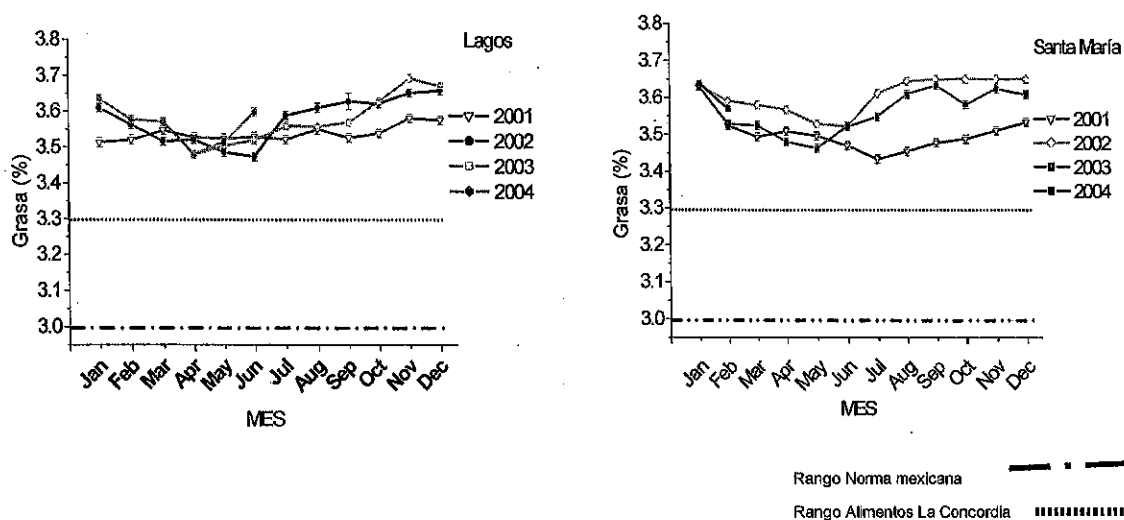


Figura 5. Efecto de mes para porcentaje de grasa en Lagos y Sta. María de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

REDUCTASA

La determinación de esta variable es de vital importancia, pues es la variable más importante para detectar la calidad bacteriológica de manera indirecta en la leche. Por tal motivo, el monitoreo y además la mejora es importante para

alargar la vida de anaquel de los productos lácteos y disminuir el riesgo de las ETAS (Enfermedades Transmitidas por Alimentos).

En la Figura 6 se observa el comportamiento de la variable reductasa en el centro de recibo de Lagos, observando que existe gran variabilidad entre las curvas de los años, siendo el año 2001 en promedio el más alto (598 minutos) y el 2004 el más bajo (554 minutos). Los meses con menor tiempo en la prueba de reductasa coinciden con los meses de mayor precipitación (junio, julio, agosto), debido a que en este periodo aumentan las condiciones adversas, como lodo, estiércol, humedad excesiva entre otros, que combinados con temperaturas altas, generan las condiciones propicias para el aumento de bacterias nocivas para la calidad de la leche. En la Figura 6 se aprecia el comportamiento de la reductasa para el centro de recibo de Sta. María; aquí a diferencia del centro de recibo de Lagos, sí se observa que el valor más elevado de reductasa es en el 2004 (592 minutos), entonces se aprecia de manera más clara el efecto del programa de mejora de la calidad a través de los años. En muchas ocasiones el equipo de ordeño constituye una gran fuente de contaminación, las bacterias que se pueden desarrollar en el equipo que no ha sido lavado adecuadamente son: bacilos Gram (-) termolabiles como *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, y algunas bacterias lácticas termosensibles como *Streptococcus lactis*, *S. cremoris* y *Lactobacillus* (Amiot, 1991).

Finalmente se aprecia que no todos los años en ambos centros de recibo, están dentro de lo establecido por la empresa cuyo mínimo es de 550 minutos, siendo este punto, un área de mejora y a la cual deben enfocarse los esfuerzos.

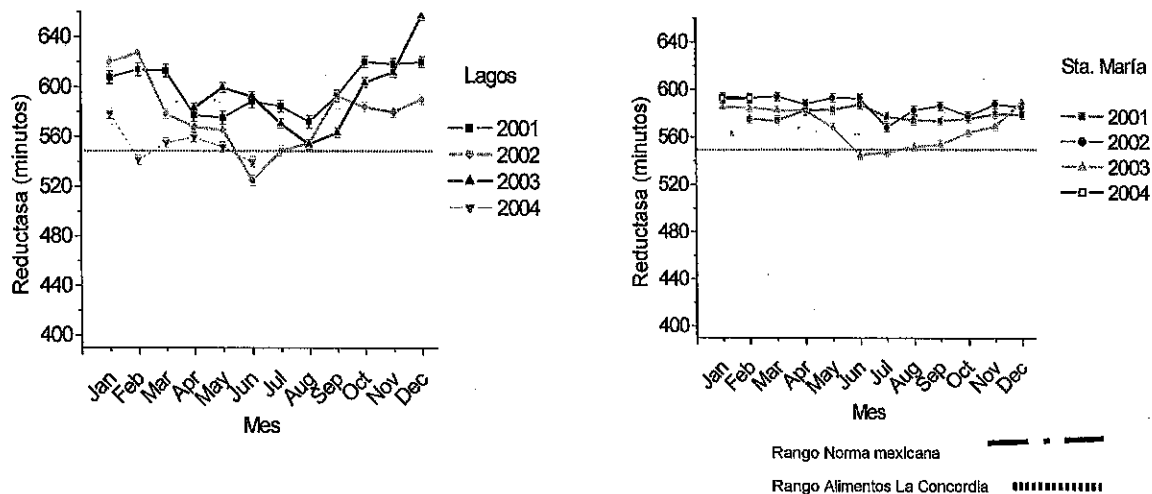


Figura 6. Efecto de mes para reductasa en Lagos y Sta. María de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

SEDIMENTOS

De acuerdo al análisis se observa que existen diferencias ($p < 0.05$) en los meses analizados, dentro de los años y centro de recibo analizados.

Las Figura 7 muestran el comportamiento de esta variable a lo largo de los meses, de los años de análisis, y para cada centro de recibo.

Así por norma la leche debe estar libre de materia extraña, sin embargo si observamos las figuras, la mayor parte se concentra en el nivel 1 de sedimentos, sin embargo en ambas figuras se aprecia que sí ha habido una mejora, pues la

curva del año 2004 en ambas muestra la tendencia a llegar a 0 de sedimentos, es decir, los ganaderos han adoptado tecnologías y prácticas en pro de la mejora de la calidad de leche.

En general, se puede decir que la leche que proveen los ganaderos del centro de recibo de Lagos (Figura 7) posee en promedio niveles más bajos de sedimentos, que la que proveen los del centro de recibo de Sta. María (Figura 7), sin embargo los meses que presentan sedimentos más elevados son los correspondientes a la época de lluvias, pues los factores adversos como lodo, tierra, aumentan en este periodo.

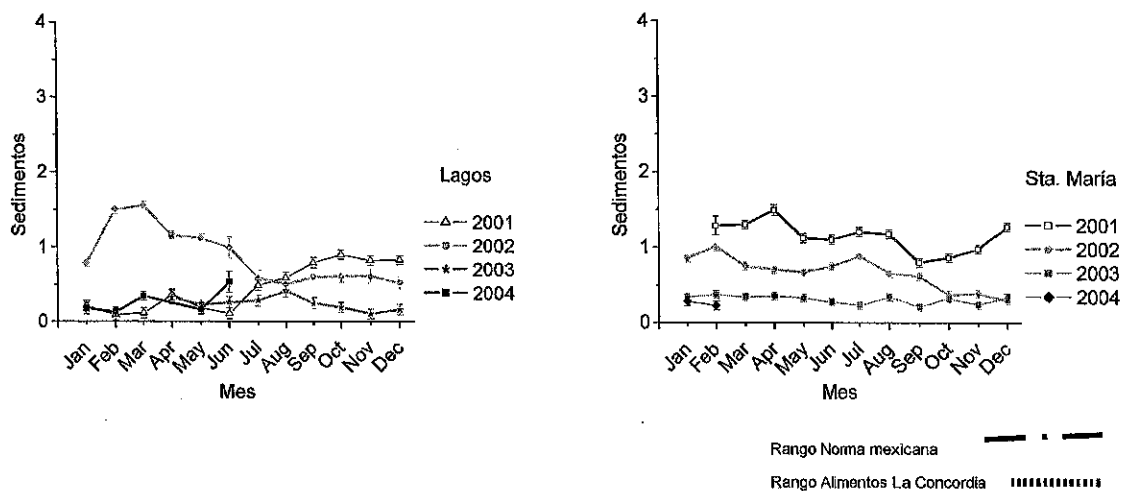


Figura 7. Efecto de mes para sedimentos en Lagos y Sta. María de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

el

año con temperatura más alta es 2002 (4.6°C), mientras la temperatura más baja es para el año 2001 con 3.5°C. Se observa que a partir del mes de junio la

temperatura se empieza a elevar, esto influenciado por la temperatura ambiental la cual tiene el mismo comportamiento. Al respecto la norma mexicana para leche cruda establece que la temperatura de la leche debe estar igual ó por debajo de los 4°C, esto con la finalidad de inhibir el desarrollo bacteriano nocivo para la buena calidad de la leche; se aprecia que esta variable a simple vista ha tendido a empeorar, pues la temperatura promedio en los años analizados ha tendido a elevarse, dicho aspecto se confirma con el hecho de que sólo en 2001 cumplió con el valor de la norma. Esto podría deberse a que las distancias entre los ranchos donde se acopia la leche son muy largas, lo que favorece que la temperatura se eleve ligeramente; este aspecto tiene que ver con la planeación y organización de las rutas, el otro aspecto que pudiera estar afectando es el enfriamiento y funcionamiento adecuado de los termos de almacenamiento.

En la Figura 8 para el sitio de Sta. María, se aprecia que todos los años de análisis se encuentran dentro de norma; se podrían inferir lo siguiente acerca de este resultado, que la planeación de las rutas en este centro de recibo es adecuada y que la distancia entre los ranchos es pequeña, de tal forma que no permite que se eleve la temperatura de la leche durante el transporte y que los equipos de enfriamiento se encuentran funcionando adecuadamente. Ahora bien, no se observa una tendencia de mejora a través de los años, pues el año 2004 no es el que presenta la temperatura más baja (3.4°C), sino más bien es

el año 2001 (3.1°C), entonces la temperatura promedio de acuerdo con los resultados tiene una tendencia a la alza en este centro de recibo. Finalmente se observa que la temperatura se empieza a elevar en el mes de junio y en diciembre desciende, esto influenciado por la temperatura ambiental.

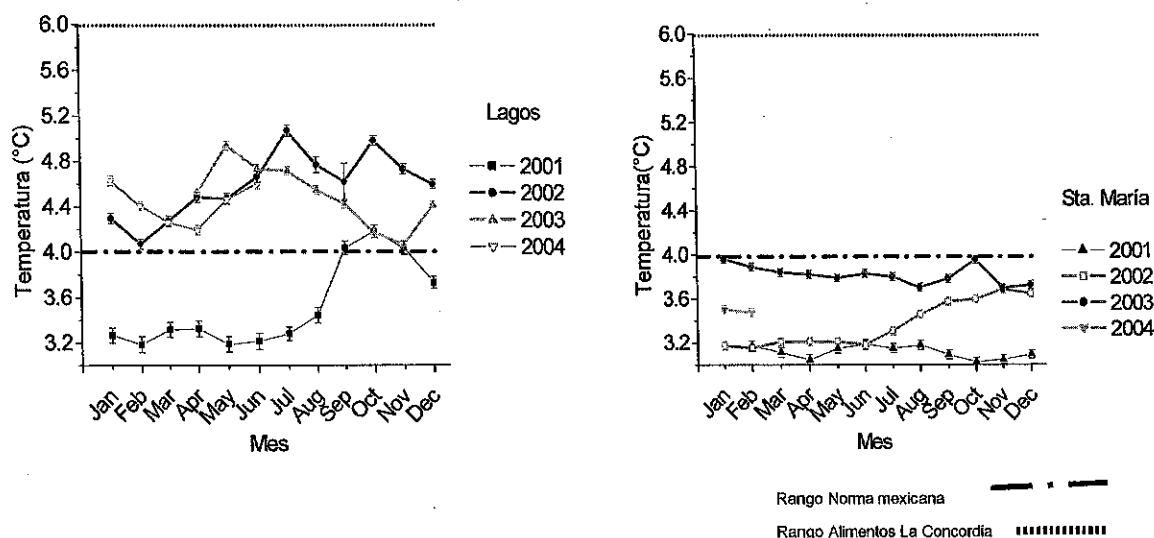


Figura 8. Efecto de mes para temperatura en Lagos y Sta. María de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

SÓLIDOS TOTALES

Se encontró que existen diferencias ($p < 0.05$) entre los meses y años analizados, para el centro de recibo de Lagos; para el centro de recibo de Sta. María no se tiene información de esta variable. La Figura 9 correspondiente al centro de recibo de Lagos, se muestra que en todos los años los sólidos totales se encuentran por arriba del valor mínimo que establece la norma, que es de

11.3%, observándose que el año con mayor porcentaje en sólidos totales es 2002, con 12.46%, mientras el menor es 2003 con 12.12%. La tendencia a través del año refleja que en las épocas de estiaje los sólidos totales aumentan y en la de mayor precipitación estos disminuyen, en ello se refleja el efecto de la alimentación, pues en la etapa de mayor precipitación el alimento contiene mayor cantidad de agua y además las vacas producen mayor cantidad de leche produciéndose un efecto de dilución.

SÓLIDOS NO GRASOS

El comportamiento de esta variable es similar a la de los sólidos totales, así pues se encontró que existen diferencias ($p < 0.05$) entre los meses y años analizados para el centro de recibo de Lagos; para Sta. María no se contó con la información. Dentro de este parámetro se engloban todos los sólidos, con excepción de la grasa. Así el comportamiento de esta variable se ve influenciado por la proteína, lactosa y minerales, de tal forma que su variabilidad depende de la edad de la vaca, etapa de lactancia, salud del animal y alimentación. En la Figura 9, se observa que, en promedio en todos los años se cumple con lo establecido por la norma que es como mínimo 8.3%. Los meses con elevado contenido de sólidos no grasos son los correspondientes a la época de estiaje, y los de menor contenido son donde ocurre mayor precipitación, dichas variaciones están dadas por el tipo de alimentación principalmente y mayor producción de leche.

PROTEÍNA

De acuerdo a los resultados se observa que sí existen diferencias ($p < 0.05$) entre los meses durante los años de análisis, sólo para el centro de recibo de Lagos, pues para Sta. María no se contó con la información de esta variable.

La Figura 9 refleja el comportamiento de esta variable a lo largo del año y entre años, observándose que la tendencia es a la alza, esto debido a que depende en parte del avance en materia de calidad genética del hato, es decir existen vacas especializadas con mejor producción de proteína; otro factor es la alimentación, lo que indica que ésta se ha mejorado y aumentado a través de los años. El año más alto en proteína fue 2004 con 3.07% en promedio, mientras el año con menor proteína fue 2002 con 3.0%. A pesar de estas diferencias estadísticas, en todos los años se cubre con el requisito de la norma que es como mínimo 2.8% de proteína. Los meses con mayor cantidad de proteína son los que corresponden a la época de estiaje, mientras en la etapa de mayor precipitación disminuye ligeramente, posiblemente por un efecto de dilución y por el tipo de alimentación y calidad genética del ganado.

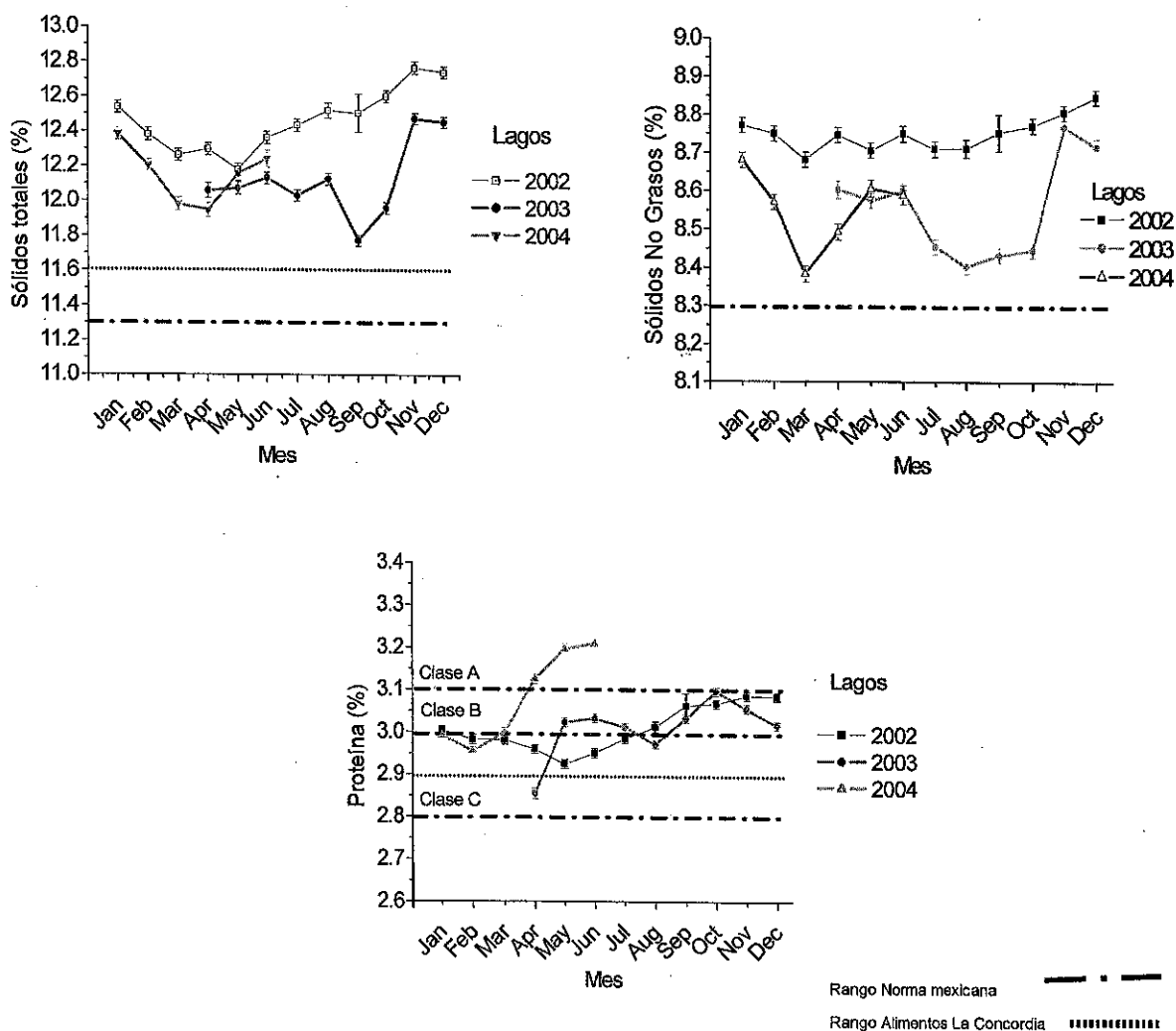


Figura 9. Efecto de mes en Lagos para sólidos totales, sólidos no grasos y proteína de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

EFFECTO DE SITIO DENTRO DE AÑO

ACIDEZ

Los resultados del análisis estadístico muestran que sí existen diferencias ($p < 0.05$) entre los centros de recibo (Lagos y Sta. María) y los años de análisis.

La Figura 10, muestra el comportamiento de esta variable, encontrándose que en Lagos se presenta ligeramente mayor acidez (1.36 g/L), que en Sta. María 1.33 g/L. Estas diferencias están dadas por los recorridos que hace la leche hasta llegar a la planta de proceso y tiene que ver directamente con el ordeño y enfriamiento oportuno de la leche. Es decir, se puede decir que los ganaderos de Sta. María ordeñan más temprano y enfrían más rápidamente la leche que los de Lagos. Otro aspecto es que el acopio de la leche de cada rancho, es más eficiente en Sta. María que en Lagos. Se podrían enumerar múltiples factores como la disponibilidad de pipas para la recolección, buen funcionamiento del equipo de refrigeración de los termos, etcétera; sin embargo, los arriba mencionados podrían ser los más importantes. Con respecto a los años se aprecia que la tendencia es a disminuir la acidez, esto como resultado de las políticas de mejora de la calidad que la empresa difunde entre los ganaderos.

A pesar de las diferencias encontradas ambos centros de recibo se encuentran dentro del rango que establece la norma mexicana que es de 1.3 a 1.6 g/L; de igual forma Alais (1996) establece un promedio de 1.7 g/L como parámetro normal.

CRIOSCOPIA

Con respecto a esta variable se encontró que sí existen diferencias ($p < 0.05$) entre los centros de recibo y los años analizados. En la Figura 10B, se muestra la tendencia que ha presentado esta variable en el periodo de los años

analizados, observándose que en promedio ambos centros de acopio presentan punto crioscópico similar (-0.543°H). Analizando los años se observan diferencias, en la cual Sta. María tiene tendencia a elevar la crioscopia, mientras Lagos tiene tendencia a la baja, ambos ligeramente. En estas diferencias influye básicamente la composición de sólidos en la leche y la proporción de agua; sin embargo, a pesar de las variaciones los años analizados en ambos centros de recibo se encuentran dentro de lo que especifica la norma mexicana que es de -0.535 a -0.560°H .

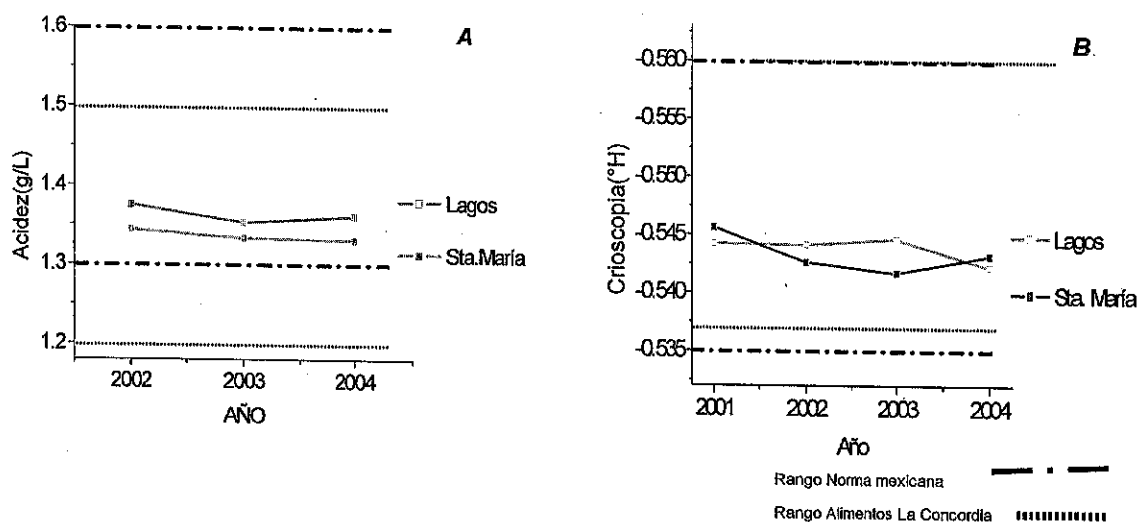


Figura 10. Efecto de sitio para acidez (A) y crioscopia (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

DENSIDAD

Con respecto a esta variable, se encontró que existen diferencias ($p < 0.05$) entre los años analizados y el centro de recibo. Los resultados del análisis se

muestran en la Figura 11A, observándose en ambos centros de acopio una tendencia hacia la alza, influenciado este factor por la mejora de los componentes de la leche. Visto de esta forma la leche del centro de recibo de Sta. María sería más rica con respecto a los componentes de la leche y que la leche de Lagos. A pesar de estas diferencias ambos se encuentran dentro de los rangos que establece Amiot (1991) que es de 1.0280 a 1.0350 g/mL; mientras que la norma mexicana para leche cruda establece como valor mínimo 1.0295 g/mL.

GRASA

Se encontró que existen diferencias ($p < 0.05$) entre los años analizados en cada centro de recibo. La Figura 11B, muestra que la cantidad de materia grasa en la leche ha tendido a la alza, es decir se está produciendo en promedio mayor cantidad de grasa por vaca, esto podría deberse a que la alimentación del animal ha mejorado. Al respecto, Alais (1996) menciona que el régimen de alimentación tiene una influencia considerable sobre la composición de la materia grasa de la leche. Otro aspecto que podría estar influenciando en este aumento de la materia grasa, es la raza del ganado, pues existen algunas razas de ganado como la Jersey que en promedio produce 5.18% de materia grasa (Amiot, 1991). Sin embargo el aumento en materia grasa lejos de afectar, beneficia tanto a la industria como al productor, pues ello se refleja en mayores ingresos. Sin embargo todos los años cumplen con lo establecido por la norma.

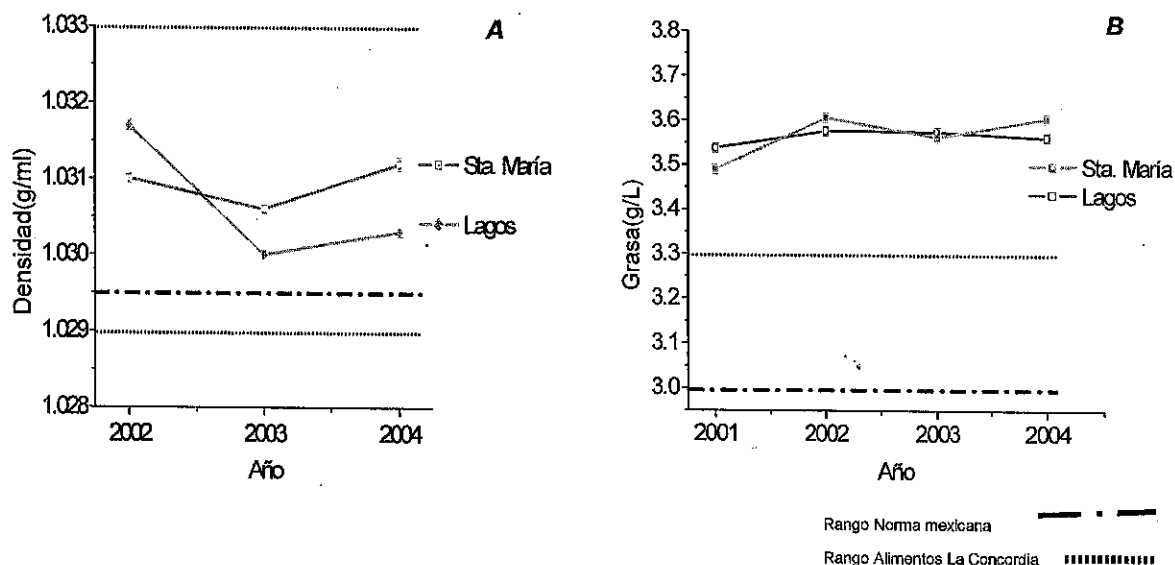


Figura 11. Efecto de sitio para densidad (A) y porcentaje de grasa (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

REDUCTASA

De acuerdo con los análisis estadísticos, se obtiene que sí existen diferencias ($p < 0.05$) entre los años analizados en ambos centros de recibo. En la Figura 12 que registra el efecto de sitio para acidez (A) y sedimentos (B) de leche entregada a la pasteurizadora, se observa que el centro de recibo de Sta. María presenta una tendencia a la mejora, en tanto que el centro de recibo de Lagos muestra una tendencia a la baja. Sin embargo, en promedio están alrededor de los 581 minutos. Con respecto a esta variable, Reinemann (1998) menciona que cuando las vacas se encuentran sanas y limpias, el recuento total no debe pasar las 5,000UFC/mL de esta manera un recuento de 1,000UFC/mL es un

indicador de estar efectuando un excelente trabajo en todas las áreas. Aunque aún no se conoce una equivalencia exacta entre los valores de reductasa y cuenta total, existen algunas referencias como la de la norma mexicana para leche cruda, COFOCALEC (2004), en la cual se considera como leche de buena calidad la que posee de 100 a 200,000UFC/mL, equivalente a 300 minutos en la prueba de reductasa. Con estas equivalencias se podrían estimar las cuentas totales y ubicar en que nivel de calidad se encuentra la leche de la empresa de estudio.

Comparando los resultados con el parámetro mínimo establecido por la empresa que es de 550 minutos como mínimo, obtenemos que todos los años se encuentran por arriba de este valor.

Finalmente, la cuestión es, hacia donde se tiene que dirigir el programa de mejora para alcanzar estándares de calidad al nivel de las grandes empresas mundiales. Básicamente tenemos que tomar en cuenta que las dos fuentes más importantes de bacterias en la leche cruda son, patógenos ambientales que contaminan la máquina de ordeño y patógenos de la mastitis de la ubre, entonces en estos aspectos es en donde la atención debe centrarse.

SEDIMENTOS

De acuerdo a los análisis se encontraron diferencias ($p < 0.05$), entre los años analizados dentro de cada centro de recibo. La Figura 12B, muestra la

tendencia que ha seguido esta variable con el transcurso de los años, observándose mejoría con una tendencia hacia la baja. Es decir, cada vez la leche es entregada con menor cantidad de impurezas. Se observa también que la leche que proveen los ganaderos del centro de recibo de Lagos, en promedio se encuentran en un nivel más bajo de sedimentos que la de los del centro de recibo de Sta. María. Sin embargo, la empresa y la norma establece que la leche debe estar libre de materia extraña. Existen muchos factores que afectan esta variable, pero los principales son: el pelo de la ubre (el cual debe ser cortarse constantemente), la ubre y los pezones deben desinfectarse, las pezoneras deben removerse y acoplarse correctamente y deben cambiarse constantemente los filtros en la sala de ordeño si el hato ordeñado es muy grande (Loor *et.al*, 1999).

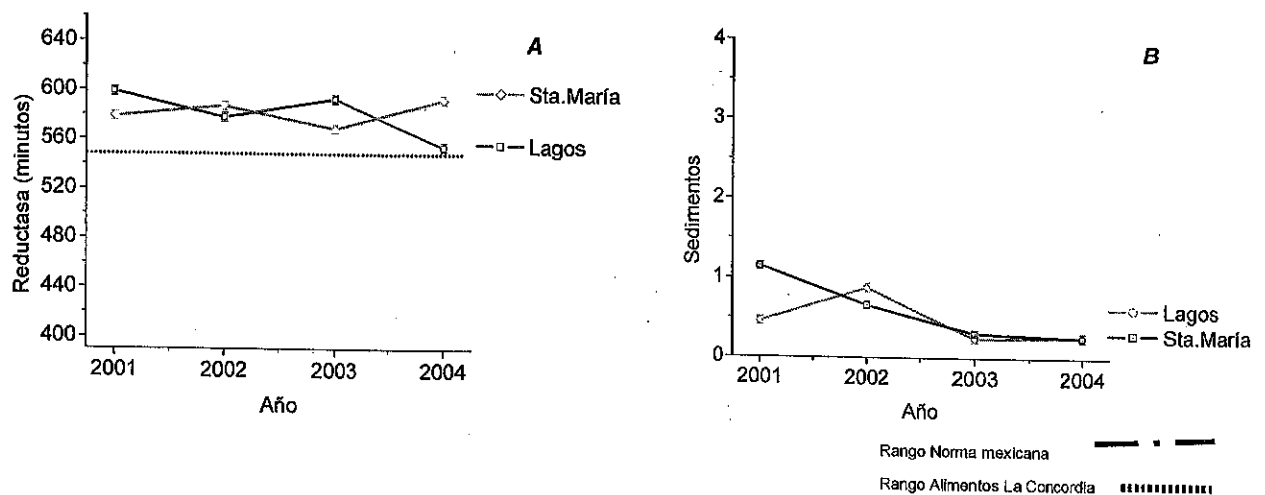


Figura 12. Efecto de sitio para reductasa (A) y sedimentos(B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

TEMPERATURA

Se encontró que existen diferencias ($p < 0.05$) entre los años analizados en cada centro de recibo. En la Figura 13, se presentan los resultados del análisis, observándose una tendencia a disminuir la temperatura, lo que indica que se está poniendo énfasis por parte de los ganaderos para el enfriamiento oportuno de la leche y el mantenimiento de los equipos de enfriamiento. También podría intuirse que el sistema de recolección de la empresa ha mejorado siendo más eficiente cada vez. Puede apreciarse que los ganaderos del centro de recibo de Sta. María registran temperaturas menores (3.4°C en promedio), la cual se encuentra dentro de los requerimientos de la empresa (máximo 6°C) y de la norma mexicana (máximo 4°C), mientras que los ganaderos del centro de recibo de Lagos, si bien es cierto cumplen con el requisito de la empresa, no es de la misma manera con la norma pues en promedio están en 4.2°C , cuyo valor esta por encima del valor máximo de 4°C . La importancia de cumplir con este requisito, es precisamente que a bajas temperaturas se inhibe el desarrollo bacteriano, que de no controlarse deterioraría notablemente la calidad y vida de anaquel de la leche y derivados.

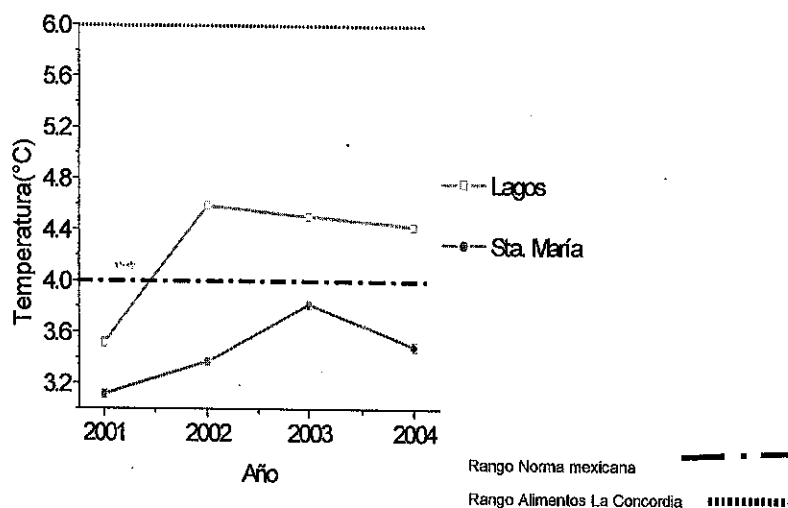


Figura 13. Efecto de sitio para temperatura de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

EFFECTO DEL TIPO DE ACOPIO POR AÑO

ACIDEZ

En la Figura 14A, se presentan los resultados de este análisis, observándose que la acidez tiende a mejorar con el paso de los años, es decir a disminuir. Con respecto al tipo de acopio, se encontró que en promedio los colectivos presentan ligeramente mayor acidez, comparada con los individuales, sin embargo ambos cumplen con el requisito de la norma mexicana (1.3 a 1.6 g/L) y con el de la empresa (1.2 a 1.5 g/L). Al respecto podemos decir que ambos tipos de acopio tienen tendencia a mejorar y que en general cualitativamente son similares los valores.

CONTEO DE CÉLULAS SOMÁTICAS

En la Figura 14B, se observa el efecto de las células somáticas a través de los años, resaltando que en promedio los proveedores de leche en termos individuales han tendido a disminuir la CCS, en tanto los colectivos han permanecido en promedio constantes. Sin embargo ambos tipos de acopio, los colectivos con (819,000cel/mL) y los individuales con (840,000cel/mL), se mantienen dentro de la clase 4, de acuerdo a la norma mexicana para leche cruda que tiene un rango de 750,000 a 1,000,000.

Ahora bien, estos niveles son elevados aún tomando en cuenta que las células somáticas se encuentran de manera normal en la ubre de la vaca, así Philpot, (2001), menciona que la CCS es alta al momento del parto, más baja desde la cúspide de la lactancia a la mitad de la misma, más elevada en el momento del secado, así el mismo autor menciona que la leche de cuartos no infectados aumenta 80,000 cel/mL de los 35 a los 265 días de lactancia.

Otro factor digno de tomar en cuenta en la interpretación del conteo de células somáticas, es el fenómeno de dilución, pues solo por mencionar, si una vaca esta liberando un millón de células somáticas en 40 kg de leche en lactancia temprana, el resultado de la cuenta de células somáticas será de 25,000 cel/mL de leche. Pero si la vaca no desarrolla alguna infección, los mil millones continúan llegando a la ubre y la producción láctea cercana al final de la lactancia disminuye a 10 kg de leche y la CCS será de 100,000 cel/mL esto

debido únicamente a dilución, así el incremento en la CCS será mayor al final de la lactancia en vacas infectadas que en no infectadas.

De acuerdo con la Figura 14B, el grueso de los productores se encuentra por arriba de 600,000 cel/mL. Con estos niveles de CCS los ganaderos están teniendo pérdidas en producción y en dinero, pues de acuerdo con (Philpot, 2001), a un nivel de 400,000 cel/mL, que muchos ganaderos consideran como aceptable, los animales de primera lactancia pierden 272 kg de leche, mientras que las vacas de 2° parto en adelante pierden el doble de esa cantidad, además cada vez que se duplica el nivel basal en 50,000 cel/mL las vacas jóvenes pierden 91kg y las vacas viejas 182 kg de leche por lactancia.

Podemos decir que el avance para la erradicación de esta enfermedad ha sido muy somera de acuerdo con el análisis de los datos de la empresa y que a pesar de existir especulaciones acerca de que los termos individuales tienen menor cantidad de CCS, aquí no se percibe esto. Pues en este estudio los colectivos están por debajo de los individuales.

De acuerdo a los resultados podemos decir que el trabajo preventivo debe ser aún más exhaustivo y focalizado a la prevención y no a la corrección de esta enfermedad.

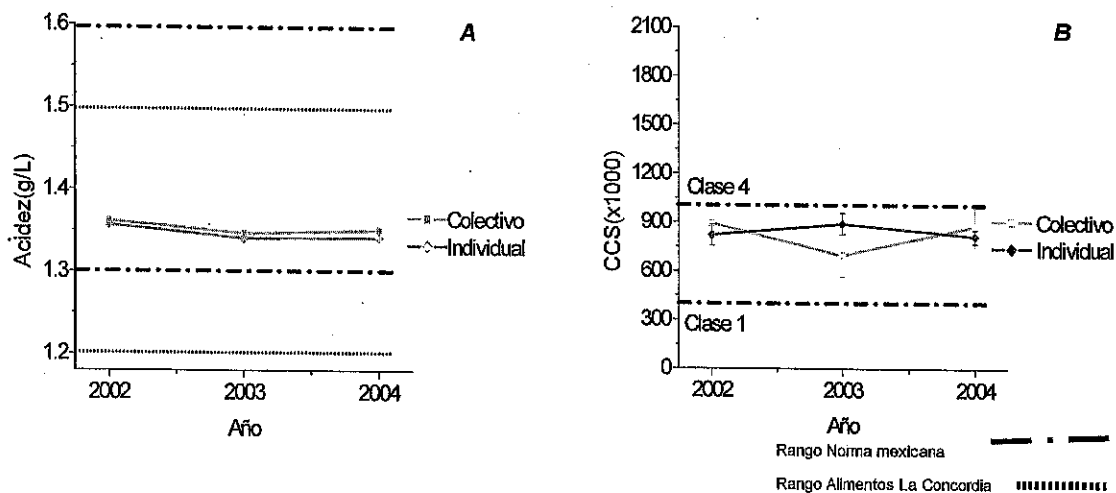


Figura 14. Efecto de tipo de acopio para acidez (A) y cuenta de células somáticas (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

CRIOSCOPIA

De Acuerdo a los análisis estadísticos se encontró que sí existe diferencia ($p < 0.05$) entre los años analizados, para los dos tipos de acopio. En promedio los ganaderos de los termos colectivos (-0.544°H) están por debajo de los individuales (-0.543°H), sin embargo ambos se encuentran dentro del límite que establece la empresa y la literatura (Alais, 1996) que en promedio es -0.540°H .

La tendencia que se observa es a la alza acercándose cada vez al promedio de -0.540°H , indicando que los proveedores se están alineando con los parámetros normales (Figura 15A). En realidad, a partir de la llegada a la región de empresas acopiadoras y procesadoras de leche, el fraude por aguado se ha

disminuido al límite de estar casi erradicado; además, es uno de los parámetros por el cual se premia ó se castiga a los ganaderos, por lo que el cuidado que se le pone es de suma importancia para el ganadero pues alguna anomalía de este se reflejaría directamente en el ingreso del productor. Loo (1999) menciona que un valor superior a -0.530°H indica que a la leche se le ha agregado agua o ha sido alterada de alguna forma. Ahora bien un valor por debajo de -0.560°H indica alguna alteración en la composición de los sólidos ya sea por mastitis, inicio de lactancia, entre otras.

Para nuestro caso de estudio, los ganaderos de ambos centros de acopio(colectivo o individual) se ubican entre -0.540 y -0.545°H .

DENSIDAD

En la Figura 15B, se observa el comportamiento que ha tenido la variable densidad en el periodo de los años analizados. Los análisis estadísticos arrojan que sí existen diferencia ($p<0.05$) en los años analizados y en los tipos de acopio. Se aprecia que ambos tipos de acopio tienen una tendencia similar, ligeramente a la baja, sin embargo los termos individuales con (1.0309 kg/L)están por arriba de los colectivos que tienen una densidad promedio de 1.0307 kg/L.

En el caso de los termos individuales han descendido de 1.0314kg/L que presentaban en el año 2002 a 1.0309kg/L en el año 2004, mientras los

colectivos bajaron de 1.0314 kg/L a 1.0307kg/L en el mismo periodo de análisis.

A pesar de que el valor de densidad ha bajado para ambos tipos de acopio, aún se encuentran dentro de los parámetros que establece la empresa que es de 1.0290 a 1.0330 kg/L, mientras que la norma mexicana marca como valor mínimo 1.0295 kg/L. Así esta ligera tendencia a la baja, es motivo quizás de los esfuerzos que se están haciendo en el departamento agropecuario de la empresa por mejorar la calidad sanitaria, descuidando en cierta forma la calidad composicional.

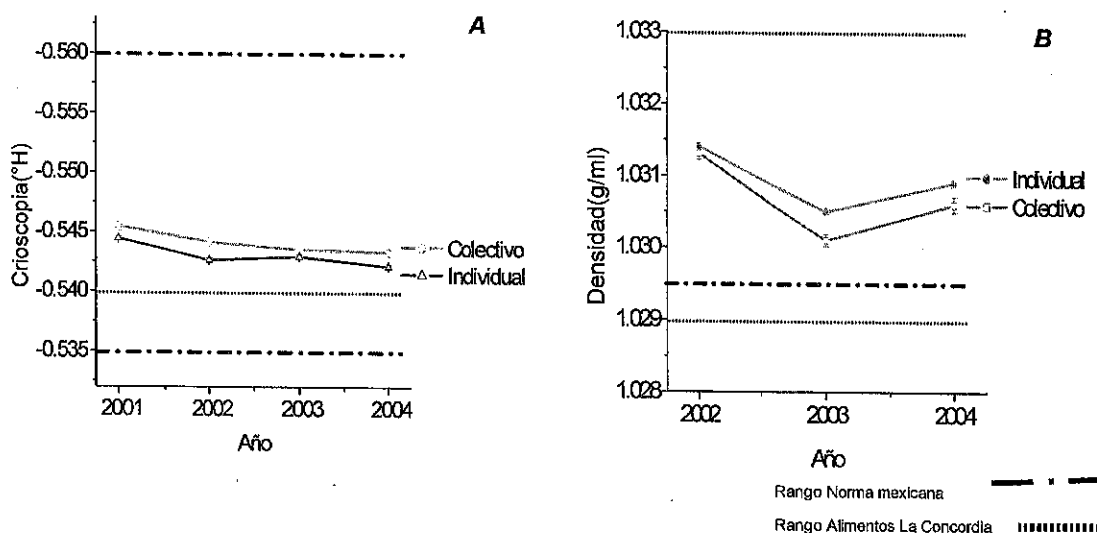


Figura 15. Efecto de tipo de acopio para crioscopia (A) y densidad (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

GRASA

De acuerdo con los análisis estadísticos se obtiene que existen diferencias ($p < 0.05$) entre los años analizados, pero no para los tipos de acopio. En la

Figura 16A, se observa el comportamiento que ha tenido la grasa en los años analizados, cuya tendencia ha sido a la alza para los termos colectivos, mientras que para los termos individuales se ha descendido ligeramente. Uno de los factores que hacen variar este parámetro es la alimentación; al respecto Wattiaux (2004) menciona que la falta de fibra deprime la formación de acetato en el rumen, lo que a su vez resulta en una reducción de la proporción de grasa en la leche (2-2.5%).

Otra observación importante al respecto de la influencia del tipo de alimentación es que en general solamente la mitad de la cantidad de ácidos grasos en la grasa de la leche se sintetizan en la ubre, la otra mitad proviene de los ácidos grasos de cadena larga que se encuentran en la dieta. Por lo tanto la composición de la grasa de la leche puede encontrarse modificada por la manipulación del tipo de grasa en la dieta de la vaca. Así podemos decir de acuerdo a lo anterior que las diferencias entre años se deben probablemente a que se ha puesto énfasis en mejorar la alimentación y la genética del ganado.

REDUCTASA

Se encontró que si existe diferencia ($p < 0.05$) entre el tipo de acopio y los años analizados. La reductasa mide de manera indirecta la carga bacteriana, por ello es de vital importancia la determinación, pues de forma rápida permite conocer la carga bacteriana de la leche cruda.

Los factores que principalmente hacen variar este parámetro son las condiciones climáticas y la limpieza de la ubre y salas de alojamiento. Al respecto, Reinemann (1998) establece que las bacterias que se encuentran en el equipo de ordeño se multiplican y se vuelven una fuente importante de contaminación, también la multiplicación bacteriana ocurre durante el ordeño y es una preocupación mayor a medida que aumenta el tiempo de este.

En la Figura 16B, se presentan los resultados del análisis, en donde se observa que los termos individuales poseen mayor tiempo de reductasa (605 minutos), que los colectivos, cuyo tiempo promedio es de 557 minutos. Esta diferencia puede explicarse debido a que los ganaderos de termos individuales aplican mejores prácticas de higiene durante el ordeño y además la leche es de un solo ganadero, por lo que el cuidado en todo el proceso de obtención de leche es más controlado. En contraste en los termos colectivos, debido a que es una leche de varios productores cada uno tiene distintas formas de producción de leche y la entrega en el tanque de enfriamiento es a distintas horas, lo que ocasiona mezclas de leche caliente con fría, provocando un efecto de incubación de las bacterias.

Sin embargo, a pesar de las diferencias en promedio ambos se encuentran dentro del valor mínimo establecido por la empresa que es de 550 minutos, aunque en general se observa una tendencia a empeorar pues la curva de reductasa para ambos tipos de acopio tiene pendiente ligeramente negativa.

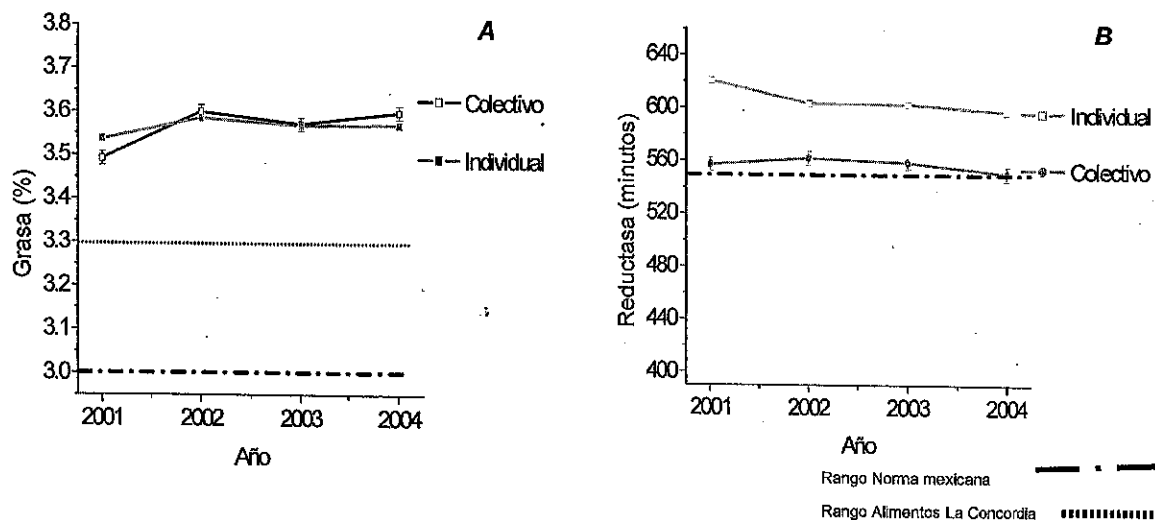


Figura 16. Efecto de tipo de acopio para porcentaje de grasa (A) y reductasa (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

SEDIMENTOS

Esta es una de las denominadas pruebas de andén, que permite apreciar la higiene y limpieza con la que se obtuvo la leche. De acuerdo al análisis estadístico se obtuvo que existen diferencias ($p < 0.05$) entre el tipo de acopio y los años analizados. La Figura 17A, muestra los resultados, en la cual se observa que existe una tendencia a la baja con el paso de los años, con lo que se puede decir que se han aplicado correctamente las prácticas de ordeño y cuidado en la higiene y limpieza, para obtener leche de mejor calidad sanitaria. Sin embargo, a pesar de ello se aprecia que los termos colectivos se encuentran en un nivel de 0.73 miligramos/galón de leche, mientras los

individuales promedian 0.32 miligramos/galón de leche. Este resultado nos da una idea de las diferencias entre tipos de acopio, es decir en cuestión sanitaria es más notoria la diferencia que entre parámetros composicionales. En cierta forma éste es uno de los argumentos en los que se fundamentan la industria en querer eliminar el tipo de acopio colectivo; sin embargo, lejos de presentar algunas deficiencias sanitarias, este esquema colectivo posee ventajas competitivas como, la división de los costos de enfriamiento y el pago de sueldos y salarios (Cervantes, 2004).

La norma mexicana para leche cruda establece que la leche debe estar libre totalmente de materia extraña; igualmente la empresa considera un valor de sedimentos grado 0, mientras que algunos autores como Loo (1999) mencionan que para el estado de Virginia E.E.U.U, los niveles aceptables de sedimentos rodean los 1.5 miligramos/galón de leche.

SÓLIDOS NO GRASOS

Se encontró que si existe diferencia significativa entre el tipo de acopio y los años analizados, para el centro de recibo de Lagos, pues para Sta. María no se contó con la información.

En la Figura 17B, se presenta el comportamiento que este parámetro ha tenido durante los años analizados, observándose que la tendencia es a la baja, es decir en general ha disminuido la calidad composicional de acuerdo a los

análisis. Sin embargo, se encuentran dentro de los parámetros que establece la empresa pasteurizadora, que es de 8.3 a 8.9%, mientras que la norma mexicana maneja 8.3% como valor mínimo. Para este caso el principal componente que está afectando es la disminución de la lactosa la que a su vez se ve afectada por un aumento de las sales solubles en la leche.

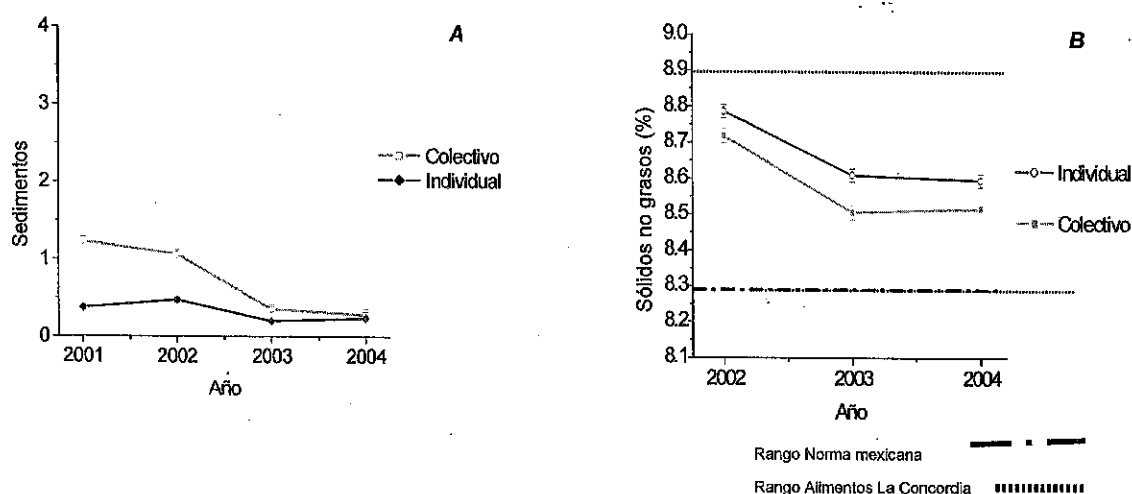


Figura 17. Efecto de tipo de acopio para sedimentos (A) y sólidos no grasos (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

SÓLIDOS TOTALES

De acuerdo al análisis estadístico se encontró que no existen diferencias entre el tipo de acopio, sin embargo entre los años analizados sí existe diferencia ($p < 0.05$), el análisis incluyó sólo el centro de recibo de Lagos, pues para Sta. María no se contó con la información de esta variable.

En la Figura 18A, se observa que la tendencia es a la baja es decir, con el paso

de los años los sólidos han disminuido. Esta disminución está dada por un descenso en la lactosa y la materia grasa, dicha variabilidad en gran medida depende de la alimentación del ganado y en menor proporción de la edad y salud de la vaca.

A pesar de esta disminución en el contenido de los sólidos totales, se cumple con los valores mínimos establecidos por la empresa y por la norma mexicana que como mínimo son de 11.6 y 11.3%, respectivamente.

TEMPERATURA

De acuerdo al análisis estadístico, se encontró que sí existen diferencias ($p < 0.05$) entre el tipo de acopio y los años analizados. En promedio, la temperatura para ambos tipos de acopio ha aumentado, para los termos colectivos este aumentó se dio de 3.1°C en el 2001 a 3.9°C en el 2004, mientras que para los individuales aumento de 3.4°C en el 2001 a 3.9°C en el 2004 (Figura 18B). Este ligero aumento podría deberse a que las rutas de recolección de leche no están bien planeadas y por lo tanto la distancia entre termos es suficientemente grande para permitir que la temperatura de la leche se eleve. Otro factor podría ser que desde el termo la temperatura de enfriamiento no sea la adecuada debido a fallas en el equipo o quizás que la temperatura ambiental en promedio ha aumentado.

A pesar de ello la temperatura de enfriado de la leche en promedio se

encuentran dentro de lo establecido por la norma y por la empresa que son de 4 y 6°C, respectivamente. Sin embargo, el año 2003 en ambos tipos de acopio está por arriba de los 4°C que establece la norma (4.2°C). Con respecto a los cuidados y motivos por los cuales se debe bajar la temperatura de la leche lo más pronto posible, Wattiaux, (2004), menciona que debido a que la leche es un producto perecedero esta debe enfriarse a 4°C lo más rápidamente posible después de su recolección, pues las temperaturas extremas así como la acidez ó la contaminación por microorganismos deterioran su calidad rápidamente.

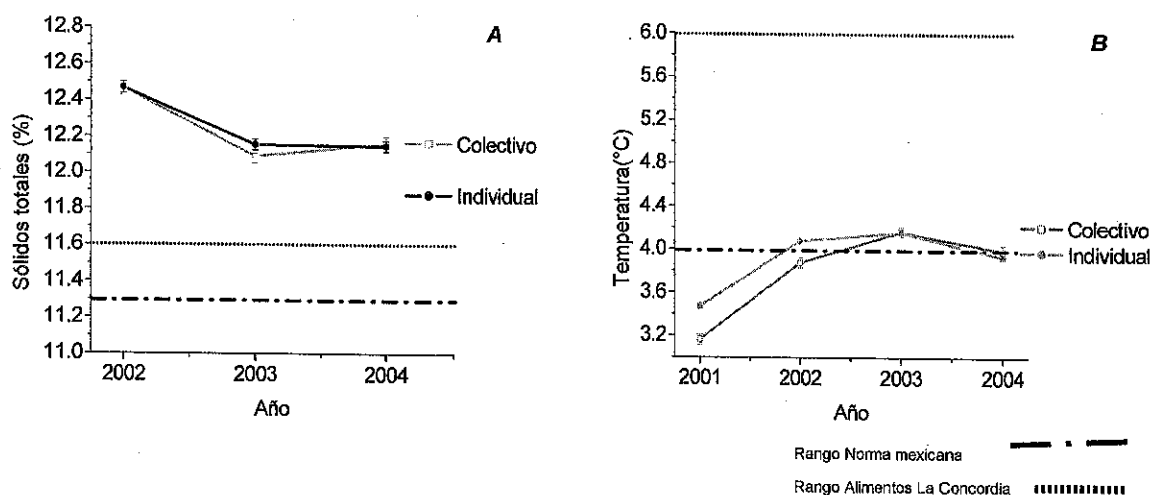


Figura 18. Efecto de tipo de acopio para sólidos totales (A) y temperatura (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

PROTEÍNA

De acuerdo a los análisis se encontró que existen diferencias ($p < 0.05$) entre el tipo de acopio y los años correspondientes al análisis. En la Figura 19A, se

observa que el porcentaje de proteína ha aumentado con respecto a los años de análisis, aunque en promedio en los términos individuales se encuentran por arriba de los colectivos (3.0 y 3.1% respectivamente).

Comparando estos valores con los establecidos por la empresa que es mínimo 2.9%, y por la norma mexicana que es de 2.8% para la clase C, que es la más baja, encontramos que en ambos tipos de acopio en promedio cubren el requisito de la empresa y con respecto a la norma se ubican dentro de la clase B que corresponde a un valor mínimo de 3%. Así Wattiaux (2004) establece que la concentración de proteína en la leche varía normalmente de 3.0 a 4.0%, y que esta variación está dada por la raza de la vaca y la relación con la cantidad de grasa en la leche.

LACTOSA

De acuerdo a los análisis se encontró que el tipo de acopio no tiene influencia ($p < 0.05$), esto sólo para el centro de recibo de Lagos, pues para el de Sta. María no se contó con la información.

Los resultados se presentan en la Figura 19B, en la cual se observa que en promedio tanto términos colectivos como individuales se encuentran en un promedio de 4.6%. Este resultado con poca variabilidad se sustenta en lo siguiente: la relación de lactosa en la leche es relativamente constante y promedia alrededor de 5%, la concentración de la lactosa es similar en todas

las razas lecheras y no puede alterarse fácilmente con prácticas de alimentación (Wattiaux, 2004).

También se observa que la tendencia durante los años analizados es a la baja, lo que de cierta forma es importante, considerando que existe una relación directamente proporcional entre el porcentaje de lactosa en la leche y la producción de leche por vaca. Es decir, mientras la concentración de lactosa es mayor, mayor será la producción lechera. Sin embargo, este pequeño descenso puede explicarse por un desequilibrio en las sales solubles, pues a mayor cantidad de éstas, la producción de lactosa es menor. Sin embargo si estos valores se comparan con lo que establece la norma mexicana que es de 4.3 a 5.0%, encontramos que se encuentran dentro de norma todos los años analizados.

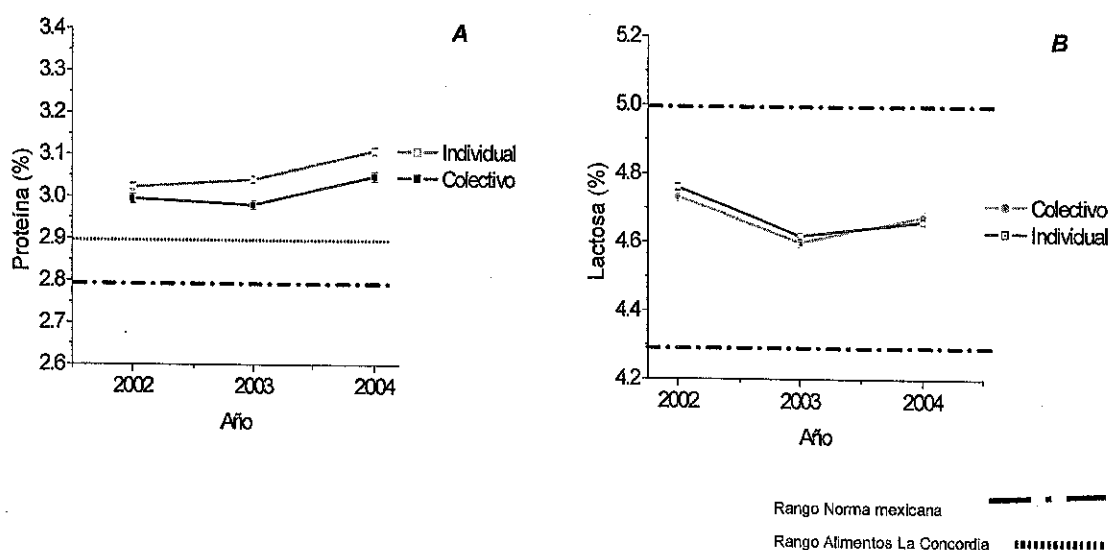


Figura 19. Efecto de tipo de acopio en Lagos para proteína (A) y lactosa (B) de leche entregada en una empresa pasteurizadora de los Altos de Jalisco

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados del trabajo, reflejan, que sí se ha avanzado en la mejora de la calidad de la leche cruda; sin embargo se observa que variables como contenido de lactosa, sólidos totales y sólidos no grasos han tenido un ligero descenso y las que se han favorecido son reductasa, sedimentos y grasa, mientras que en el conteo de células somáticas no existe mejora pues se ha comportado de manera constante, indicando que los esfuerzos de mejora de calidad se han focalizado en las variables de que tienen que ver con la higiene y sanidad, descuidando sin ser menos importante la calidad composicional.

Por lo que respecta al efecto de mes dentro de los años analizados (estacionalidad), se observa que variables como reductasa, crioscopia, cuenta de células somáticas y sedimentos se ven afectadas en la época de mayor precipitación, debido a la presencia de condiciones insalubres como lodo, estancamiento de agua en las salas de ordeño, etcétera; mientras las variables composicionales permanecen en general estables, pues dependen de condiciones que no tienen que ver en gran medida con la época del año, como el tipo de alimentación y calidad genética del animal.

El centro de recibo de Sta. María presento mejores niveles de calidad en las variables, temperatura y acidez. Esto se debe a la eficiencia del sistema de acopio pues si se tarda más tiempo en la recolección de la leche, se refleja directamente en el desarrollo de la acidez y aumento de la temperatura de la

leche. Esto pudo haber sido producto de que la supervisión de campo en el centro de Sta. María fue más estricta pues en este centro se ubicaba el departamento agropecuario de la empresa; mientras en el centro de recibo de Lagos estas operaciones parcialmente se controlaban por el departamento de control de control de calidad .

Con respecto a las diferencias entre el sistema de acopio (colectivo e individual), se encontró que no hay diferencia en las variables de conteo de células somáticas, grasa, lactosa y sólidos totales, en el resto de las variables sí se encontraron diferencias entre el tipo de acopio, presentando mejor calidad los termos individuales, indicando que efectivamente cuando se trata de varios productores (colectivo) resulta complicado homogeneizar las prácticas de higiene y sanidad en la obtención de la leche. Estadísticamente se obtuvo que sí existen diferencias entre tipo de acopio para algunas variables; sin embargo, en términos generales la calidad es similar. Con estos resultados podemos decir que es importante, siempre y cuando no se sacrifique la calidad de la leche, que se conserve el esquema de enfriamiento colectivo, pues le permite al grupo ser más competitivo que el individual en algunos aspectos que tienen que ver con los costos de enfriamiento y administración. La idea es focalizar los programas de calidad para fortalecer a los ganaderos de los centros colectivos, sin descuidar a los individuales, siempre y cuándo el avance en cuanto a mejora de calidad de los primeros sea considerable y justifique las inversiones en

capacitación, pues al final si en realidad se avanza ambas partes recuperarán las inversiones; la empresa ganaría al obtener un producto de mejor calidad y mayor vida de anaquel y el ganadero debido al sistema de pago en base a calidad, obtendría mayor precio por litro entregado a la empresa.

Es importante que el programa de calidad se dirija a bajar el conteo celular somático mediante un programa preventivo de sanidad de la ubre, pues a pesar de estar dentro de los rangos que establece la norma mexicana, se ubica en el nivel de calidad más bajo, originando costos por tratamiento de la mastitis y pérdidas en rendimiento, calidad y vida de anaquel de la leche y derivados. Finalmente podemos concluir que la influencia de grandes empresas nacionales y transnacionales de leche en la región se ve reflejado en el rápido avance de la calidad de leche en la región y en la empresa de estudio en termos individuales y a velocidad más lenta en los termos colectivos. El Programa de Pago de la Leche en Base a la Calidad, también ha influido en este proceso, pues de alguna forma hace que los productores valoren entre el producir leche de alta calidad y no producirla de tan alta calidad, pues es cierto que la calidad requiere mayor esfuerzo y cuidado en el proceso de producción, también es cierto que trae consigo en la mayoría de los casos mejores dividendos por litro de leche entregada a la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alais C. 1997. Ciencia de la leche y principios de técnica lechera. Decima primera reimpresión. Ed. CECSA. México D.F. 594pp.
- Amiot, J. 1991. Ciencia y Tecnología de la Leche. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 541pp
- Cervantes E.F., Soltero B.E. 2004. Escala, calidad de leche, costos de enfriamiento y administración en termos lecheros de Los Altos de Jalisco. Tecnología Pecuaria México. 42(2): 207-218
- Loor, J.J., Jones, M.G., Summer, S. 1999. Testing Bulk Tank Milk Samples. Guías del Ordeño, Virginia Cooperative Extension. No. 404-405W.
- COFOCALEC, 2004. NMX-F-700-COFOCALEC-2004. Sistema productoleche – alimento lácteo– leche cruda de vaca – especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.
- Philpot, W., N. 2001. Importancia de la cuenta de células somáticas y los factores que la afectan. III congreso Nacional de Control de Mastitis y Calidad de Leche. León Guanajuato, México.
- Reinemann, J.D. 1998. Resolviendo los Altos Recuentos Bacterianos en Leche. Instituto Babcock. Novedades Lácteas, Ordeño y Calidad de Leche No 402.
- Ruegg, L.P. 2004. Manejo Hacia la Calidad de la Leche. Universidad de Wisconsin-Madison.
- SAGAR/CEA, 2004. Boletín Leche, noviembre de 2004.
- SAS®. 2001. User's Guide Statistics. 8th ed. SAS Institute Inc., Cary. NC.
- Wattiaux M.A. 2004. Secreción de leche por la ubre de una vaca lechera. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera, Universidad de Wisconsin-Madison, No. 20.