



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO EN PASTOREO INTENSIVO DE
BOVINOS LECHEROS EN EL ALTIPLANO EN RELACIÓN CON LA
PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE. ESTUDIO DE REVISIÓN**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

MARIANA HERNÁNDEZ CASTAÑEDA

ASESORES:

M.V.Z. M.Appl.Sc. VICENTE LEMUS RAMÍREZ.

I A. M C. DELIA GASPAS SÁNCHEZ.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

A mi papá, que me enseñó que con dedicación y un poco de esfuerzo, se pueden cumplir los sueños.

A mi mamá por acompañarme e impulsarme en cada una de mis decisiones.

A mis abuelos, Rosa y Mariano por ser mi gran inspiración todos los días para seguir en mi camino.

A mis amigos por ser mis confidentes y por regalarme los mejores momentos durante toda la carrera, a mi novio por ser el apoyo más grande durante este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A todos mis profesores que durante toda la carrera, me compartieron sus conocimientos.

Al CEIEPAA, por todo el apoyo que me dieron ahí para realizar esta tesis.

A mi tutores por tanta paciencia y por compartirme su entusiasmo.

A todos aquellos académicos y compañeros que hicieron realidad este trabajo.

CONTENIDO

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1 Panorama mundial de la producción de leche.	3
2.2 Panorama de la lechería en México.	6
2.2.1 Problemática de la producción lechera en México.....	6
2.2.2 Población de ganado bovino lechero.	8
2.2.3 Producción nacional de leche.	9
2.3 Sistemas de producción de leche en México.	9
2.3.1 Sistema especializado.	9
2.3.2 Sistema semi-especializado.....	10
2.3.3 Sistema doble propósito.....	11
2.3.4 Sistema familiar.....	11
2.4 Sistemas de producción de leche en pastoreo	12
2.4.1 Sistema de producción en pastoreo Intensivo.	13
2.5 Factores que afectan la cosecha de forraje de la vaca.....	14
2.6 Factores que influyen en la producción y composición de la leche.	17
2.6.1 Estacionalidad de la producción de leche.....	17
2.6.2 Temperatura.....	18
2.6.3 Fisiológicos.	19
2.6.4 Alimentación.....	20
2.6.5 Climáticos.....	21
2.6.6 Genéticos.	23
2.6.7 Descarga y agitado de leche.....	24
2.7 Factores que influyen en la cantidad y calidad higiénica de la leche producida.....	25
2.7.1 Ordeño.	25
2.7.2 Limpieza de equipo de ordeño y almacenaje de la leche.	26
2.8 Leche y lactogénesis.....	29
2.9 Importancia de la leche como proteína de origen animal.....	30
2.10 Definición de calidad de leche.	31

2.11 Análisis de calidad de la leche	32
2.11.1 Análisis sensorial.	32
2.11.2 Análisis fisicoquímico.	33
2.11.3 Análisis sanitario.	35
2.12 Componentes principales de la leche	37
2.13 Calidad de la leche en pastoreo	39
2.14 Ventajas y desventajas en nuestro país	40
3. JUSTIFICACIÓN	41
4. OBJETIVO	42
5. REVISIÓN SISTEMÁTICA (Material y métodos)	42
5.1 Análisis de la información	43
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
6.1 Análisis de la información	44
6.1.2 Control de la producción y consumo de forraje. Masa de forraje.....	45
6.1.3 Análisis químicos aplicados a la MS de la pradera.....	46
6.1.4 Características del ganado y de la alimentación.....	46
6.1.5 Composición de la alimentación de las vacas	47
6.1.6 Rutina de ordeño.....	48
6.1.7 Muestreo de leche en tanque de enfriamiento.....	49
6.1.8 Composición del hato.....	51
6.1.9 Producción de leche.....	53
6.1.10 Destino de la leche que se produce con ganado en pastoreo.	60
6.1.11 Pruebas de calidad fisicoquímica.....	62
6.1.12 Pruebas de calidad sanitaria.....	69
7. CONCLUSIÓN	72
8. ANEXOS	74
9. REFERENCIAS	87

1. RESUMEN

HERNÁNDEZ CASTAÑEDA MARIANA. Evaluación del sistema productivo en pastoreo intensivo de bovinos lecheros en el altiplano en relación con la producción y calidad de leche. Estudio de Revisión. Bajo la dirección de: M.V.Z. M.Appl.Sc. Vicente Lemus Ramírez y I A. M C. Delia Gaspar Sánchez.

Se realizó un estudio retrospectivo que abarcó un periodo de 10 años (2007-2016), a un hato de ganado lechero especializado, en un modelo de pastoreo tecnificado en praderas irrigadas de dominancia por alfalfa y con varios niveles de complementación durante todo el año. El sitio de estudio fue el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en el Altiplano (CEIEPAA) de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en el altiplano mexicano, en una región semiárida. El objetivo del trabajo fue realizar una descripción del comportamiento productivo del ganado asociando variables como producción de leche, sólidos lácteos, el conteo de células somáticas y la cuenta de bacterias mesófilas aerobias y aspectos de alimentación, a través del periodo estudiado, para buscar las ventajas que el uso de este sistema puede ofrecer. El proyecto comprendió el análisis de registros técnicos productivos del hato lechero. El ganado consta de vacas de la raza Holstein Friesian, Jersey y las cruzas de ellas, donde la Holstein dominó en porcentaje, con más de 50% de la población de los vientres. En el estudio se evaluó producción de leche por hato por año, promedio de litros por vaca por día tanto en línea de ordeño como en hato, calidad sanitaria y fisicoquímica de la leche. La producción total de leche se incrementó gradualmente a través de los años de estudio, a pesar de que la producción individual en el hato tuvo variaciones. La leche en cuanto a características fisicoquímicas y calidad sanitaria, se encontró dentro de la NMX-700-COFOCALEC-2012 y fue clasificada como clase A para grasa y proteína y como clase 1 para CCS (cuenta de células somáticas) y UFC (unidades formadoras de colonias). La grasa tuvo un intervalo de 3.7 a 4.4%, es decir que fue incrementando al paso de los años; la proteína de 3.2

a 3.6%, también tuvo una tendencia a incrementar; CCS en tanque se encontró para el primer año del estudio (2007) en 26, 289/ml, mientras que para el 2016 la cuenta fue de 172,225/ml; así como las UFC debajo de 100,000/ml durante todos los años del estudio. Se concluyó que la información obtenida fue suficiente para mostrar el comportamiento productivo del hato en cuanto a producción y calidad de la leche, sin embargo no es suficiente para establecer una interacción entre la producción y la cantidad y calidad del alimento que se ofrece al ganado productor de leche en pastoreo, por lo cual es necesario obtener mayor información procedente de otros hatos bajo condiciones similares de producción, que permita integrar otras variables para poder entender las ventajas y desventajas, como; la alimentación, el control sanitario, manejo reproductivo y otras que permitan mejorar la descripción del desempeño productivo del modelo estudiado.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Panorama mundial de la producción de leche.

La producción de leche mundial supera los 600 millones de toneladas al año, los cuales provienen de especies como la vaca, búfala, cabra, oveja y camella, 85% del total de la leche es producida por las vacas, 11% por las búfalas, 3% por cabras y ovejas y 0.4% por camellas (FAO, 2015). Los principales países y regiones productoras de leche de bovino son, en primer lugar, la Unión Europea, seguido de Estados Unidos de América, India, China, Rusia, Brasil, Nueva Zelanda, México, Argentina, Ucrania y otros (SAGARPA, 2018). En el cuadro 1 se mencionan los países con la mayor población de ganado bovino lechero en el mundo.

En el año 2016 los cinco principales países exportadores de leche del mundo fueron: la Unión Europea (los 28 países que la forman), Estados Unidos de América, Nueva Zelanda, Australia y Argentina (IDF, 2016), en el cuadro 2 se muestran los millones de toneladas de leche exportadas y en el cuadro 3, los principales países importadores. Cabe mencionar que algunas regiones poco a poco han ido incorporando el sistema de pastoreo para producir leche e incluso algunos como Nueva Zelanda y Australia lo utilizan como única forma de producción de leche (Robledo, 2010).

En el año 2017 la población mundial según la ONU (Organización de las Naciones Unidas) fue de 7, 600 millones de personas y está previsto que para el año 2050 la población mundial aumente a 9, 700 millones, por lo que habrá mayor demanda de alimentos y será necesario buscar la mayor eficiencia en la producción y los sistemas de producción de leche de bovino no son la excepción (Santoyo, *et al.*, 2015)

El consumo *per cápita* de leche y productos lácteos es mayor en los países desarrollados, en el cuadro 4 se muestra el consumo *per cápita* de algunos países del mundo. La diferencia de consumo con muchos países en desarrollo se está reduciendo, la demanda de leche y productos lácteos en países en desarrollo está creciendo como consecuencia del aumento de los ingresos, el crecimiento demográfico, la urbanización y los cambios en los regímenes alimentarios (FAO, 2018).

Cuadro. 1 Cabezas de ganado lechero en el mundo, 2016

País	Cabezas	Porcentaje
India	48,610,350	17.7
Unión Europea	23,600,227	8.6
Brasil	19,678,817	7.2
Sudan	15,257,036	5.6
China	12,656,000	4.6
Pakistán	11,676,312	4.3
EUA	9,328,000	3.4
Rusia	7,194,354	2.6
Nueva Zelanda	5,202,467	1.9
México	2,483,464	0.9
Argentina	2,244,063	0.8
Ucrania	2,140,500	0.8
Australia	1,561,631	0.6
Canadá	1,038,634	0.4
Japón	871,000	0.3
TOTAL MUNDO	273,805,967	

Fuente: FAOSTAT, 2018.

Cuadro. 2 Principales países exportadores de leche
estimado del 2017

País	Millones de toneladas	Porcentaje
Unión Europea	151.7	52.2
Estados Unidos	97.8	33.7
Nueva Zelanda	21.5	7.4
Argentina	10.1	3.5
Australia	9.3	32.2

Fuente: USDA (United States Department of Agriculture), 2017.

Cuadro. 3 Principales países importadores de leche* 2017

País	Miles de toneladas	Porcentaje
China	800	54.4
Rusia	345	23.5
Filipinas	50	3.4
México	50	3.4
Taiwán	50	3.4
Canadá	45	3.1
Unión Europea	4	0.3
Estados unidos	3	0.2
Otros	3	0.2

*Comprende las importaciones de leche en polvo, líquida, evaporada, condensada, sólidos lácteos, preparaciones y otros.

Fuente: SAGARPA/SIAP₂ 2017

Cuadro 4. Principales países consumidores de leche y productos derivados de la leche, 2017.
(1,000 toneladas métricas)

Leche fluida		Queso		Mantequilla		Leche desnatada en polvo		Leche entera en polvo	
India	65,200	UE	9,125	India	5,392	UE	936	China	1,998
UE*	33,550	EUA	5,440	UE	2,185	India	574	Brasil	664
EUA	26,320	Rusia	1,060	EUA	857	EU	413	UE	336
China	14,792	Brasil	799	Rusia	365	México	335	Argelia	245
Brasil	10,000	Argentina	490	México	265	China	290	Indonesia	127
Rusia	8,600	Canadá	438	Canadá	124	Rusia	193	EUA	57
Ucrania	5,199	México	418	Australia	111	Otros	1,131	Otros	527
México	4,184	Japón	305	Brasil	91				

Fuente: USDA (United States Department of Agriculture), 2018.
*UE; Union Europea.

2.2 Panorama de la lechería en México.

En el año 2017 la producción de leche fue de 11, 807, 556 de toneladas. Se estima para 2018 una producción de 12 millones de toneladas lo que significa 1.7% más que en 2017, dicho volumen se complementará con 4 mil millones de toneladas importadas para abastecer la demanda interna. Se importaran 300 millones de toneladas más que en 2017. En los últimos cinco años (2013-2017), México ha importado en promedio 2 mil millones 967 mil toneladas; no obstante México se encuentra entre los principales países productores de leche (SAGARPA; SIAP, 2018).

2.2.1 Problemática de la producción lechera en México.

La producción lechera ha ido en crecimiento durante los últimos años, al cierre de 2017 según datos de SAGARPA la producción de leche incremento 1.7%

en comparación con el año anterior. A pesar de este incremento, México no es autosuficiente para abastecer la demanda de este producto, en el año 2016 el consumo nacional aparente fue de 17, 823,589 de toneladas, de los cuales 34.87% es decir 6, 215, 180 de toneladas se abastecieron con importaciones y el 65.12% restante con la producción nacional (CANILEC, 2016).

En México la producción de leche es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico y socioeconómico, debido a la gran variedad de climas regionales, los sistemas de producción adquieren características dadas por la tradición y costumbres de la población. Sin embargo, la industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México, y depende de la producción de la leche nacional su crecimiento (SE, 2012), lo que implica que, en el ámbito nacional, la producción de leche de bovino ha ganado preponderancia con respecto a otras actividades del sector agropecuario. La heterogeneidad de los diversos sistemas de producción, conlleva a que una parte del sector productivo primario continúe enfrentando problemas de calidad en la producción y como consecuencia, en la comercialización y rentabilidad, orillándolos a la reducción de sus hatos e inclusive a su retiro de la actividad productiva. (SAGARPA, 2010). Lo anterior se debe principalmente a que la producción de leche del país está concentrada únicamente en algunas zonas regionales y sistemas de producción.

En el país se ha incrementado la producción de leche en sistemas de tipo especializado y que aún con las ventajas de estos sistemas no están excluidos del impacto que tienen las importaciones de leche en polvo, que causan una sobreoferta de leche en el mercado local y regional con la consecuente disminución del precio al productor (Camacho. *et al*, 2017). Lo que trae como consecuencia que algunos productores busquen otras oportunidades de trabajo y se dediquen a la producción de leche como actividad secundaria.

Las importaciones de leche influyen en el comportamiento de los precios nacionales; en diciembre de 2017, la cotización de leche fluida vendida al consumidor final fue de \$16.31 por litro, aumentando \$1.19 respecto de diciembre 2016 (\$15.12 por litro). Para el cierre de 2018, se estima que llegue a \$16.27 por litro (SAGARPA; SIAP, 2018). Por otro lado el precio al productor en México en el año 2017 fue de \$5.15 (en Campeche) a \$8.00 (en la Ciudad de México) (SAGARPA; SIAP₃, 2018).

Las regiones o países de donde México importa productos lácteos (principalmente leche en polvo, descremada y entera), tienen ventajas competitivas por su forma de producción (Oceanía), o por recibir subsidios (Unión Europea y Estados Unidos), lo que hace que México esté en desventaja y no sea competitivo. Por tanto, la importación barata de leche beneficia a los consumidores y perjudica a los productores nacionales (Ángeles *et al.*, 2004).

2.2.2 Población de ganado bovino lechero.

En el año 2016 la población de ganado bovino fue de 33, 779, 290 cabezas, de los cuales 31, 289, 594 corresponden al ganado destinado para carne y el restante 2, 489, 696 al ganado bovino lechero. De los cuales casi 20% se concentra en la región lagunera. Los cinco estados que tienen mayor población de ganado bovino destinado a la producción de leche son: Jalisco, Durango, Chihuahua, Coahuila y Guanajuato en orden descendente (SAGARPA; SIAP, 2016).

Las principales razas lecheras presentes en el país son: Holstein Friesian, Jersey, Ayrshire, y Pardo Suiza (Torres, 2003). El empleo de las razas depende del clima de la región, ya que es importante considerar las características funcionales y de adaptación de los animales para lograr los mejores niveles de producción. En el altiplano sur y norte de México son comunes las vacas Holstein, mientras que las de raza Jersey, con significativamente menor presencia, se pueden encontrar en el altiplano y en trópico de altitud. El ganado Pardo Suizo se localiza en climas

tropicales, usualmente mediante cruza con ganado criollo y Cebú, en unidades de producción de doble propósito. (SAGARPA, 2018)

2.2.3 Producción nacional de leche.

En el año 2017, México ocupó la octava posición en la producción mundial de leche. Los principales estados productores son; Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua, Guanajuato y Veracruz (SAGARPA; SIAP, 2017).

2.3 Sistemas de producción de leche en México.

En México los sistemas de producción de leche se clasifican principalmente en cuatro; el especializado, el semi-especializado, el de doble propósito y el de traspatio o familiar. En el año 2009, la producción de leche total, se distribuyó de la siguiente manera: el sistema especializado produjo 50.6%, el sistema semi-especializado aportó 21.3%, por su parte el sistema doble propósito aportó 18.3% y el sistema familiar o de traspatio aportó 9.8%. (Financiera Rural, 2009).

2.3.1 Sistema especializado.

Sistema con elevado grado de tecnificación y al que se le atribuye la mayor parte de la producción de leche nacional; este se caracteriza por contar con ganado especializado en la producción de leche principalmente de la raza Holstein Friesian y en menor grado, Pardo Suizo Americano y Jersey. Cuenta con tecnología altamente especializada bajo un manejo predominantemente estabulado, realizando prácticas de medicina preventiva, reproducción y mejoramiento genético. La dieta se basa en alimentos balanceados y forraje de corte. Las labores agrícolas relacionada con la producción de forrajes, así como el proceso de ordeño son mecanizados y la leche producida se destina a plantas pasteurizadoras y transformadoras (SAGARPA, 2000). Se desarrolla fundamentalmente en el altiplano y en las zonas áridas y semiáridas del norte del país, destacan las cuencas lecheras

de la Laguna, Querétaro, Baja California, Hidalgo, Chihuahua y Aguascalientes (SAGARPA, 2018).

Este sistema está enfocado en aumentar la productividad de los recursos invertidos, utilizando insumos en grandes volúmenes. Estas empresas producen con altos costos unitarios, por lo que requieren grandes volúmenes de producción y precios altos para tener utilidades (Ortiz *et al*, 2005).

2.3.2 Sistema semi-especializado.

En ese sistema predominan algunas razas lecheras como lo son Holstein, Jersey y Pardo Suizo. El ganado se mantiene en condiciones de semi-estabulación que se desarrolla en pequeñas extensiones de terreno, el proceso de ordeño puede ser manual o mecanizado, en ordeñadoras individuales o de pocas unidades, mantiene un nivel medio de tecnología y en ocasiones se cuenta con algunos sistemas de enfriamiento para la leche (Osorio, 2010). La alimentación del ganado la constituye el pastoreo, complementando con forrajes de corte y alimento balanceado; existiendo cierto tipo de control productivo y programas de reproducción (SAGARPA, 2000). Se desarrolla en Baja California, Colima, Chihuahua, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Zacatecas (SAGARPA, 2018).

2.3.3 Sistema doble propósito.

Este sistema se caracteriza por desarrollarse principalmente en la región tropical del país utilizando razas cebuínas y sus cruzas con razas europeas como: Pardo Suizo, Holstein y Simmental. Presenta dos objetivos zotécnicos fundamentales: 1) La producción de leche mediante el ordeño, realizado generalmente de manera manual y con la presencia del becerro con la vaca para estimular el efecto oxtócico y el descenso de la leche y 2) La producción de carne por la venta de los becerros destetados (COLPOS, 2003). No obstante es frecuente identificar unidades de producción de leche que realizan el crecimiento y desarrollo de becerros para reproducción o animales que se destinan para abasto. Los estados que cuentan con el mayor número de vientres en producción bajo este sistema son: Chiapas, Veracruz, Jalisco, Tabasco, Tamaulipas y Nayarit. (SAGARPA, 2018).

2.3.4 Sistema familiar

Este sistema tiene como característica principal que el destino de la leche es para el autoconsumo o se vende sin pasteurizar a queseros de la localidad o los consumidores directamente, se caracteriza porque el número de vacas esta entre 3 y 30, y está ampliamente distribuido por toda la República Mexicana (Blanco, 2012).

Este sistema se desempeña en pequeñas superficies de terreno, principalmente en los patios de las viviendas, los animales pueden estar estabulados o semi-estabulados, se aprovechan los rastrojos de los principales cultivos como el maíz, avena y trigo. Los animales también pueden estar en pastoreo en praderas nativas y en menor medida en praderas cultivadas; como complementos utilizan maíz en grano y en menor cantidad alimentos balanceados comerciales. El ganado es producto de las cruzas de razas como Holstein, Pardo Suizo, Jersey y Criollo (Espinosa *et al.*, 2011).

Los productores no realizan prácticas reproductivas, de medicina preventiva o mejoramiento genético; no hay registros de producción y las instalaciones son rudimentarias predominando el ordeño manual (SAGARPA, 2000). Este sistema predomina en los estados de Jalisco, Estado de México, Michoacán, Hidalgo y Sonora (SAGARPA, 2018).

2.4 Sistemas de producción de leche en pastoreo

La población humana mundial crece cada año y en consecuencia crece la demanda de alimentos, así como la necesidad de producir alimentos cuidando el medio ambiente. Lo anterior se puede lograr con técnicas de pastoreo manejadas adecuadamente.

Un sistema de pastoreo es una combinación definida e integrada de suelo; plantas; animales; características sociales y económicas; métodos de almacenamiento y manejo del forraje y objetivos de gestión diseñados para lograr resultados y objetivos específicos (Allen *et al.*, 2011). Los objetivos de un sistema en pastoreo son producir de manera consistente forraje de alta calidad, asegurar que una elevada proporción de alimento producido sea consumido por los animales con el fin de lograr mayores ganancias y asegurar niveles de producción animal que aumenten al máximo las ganancias de los productores (SAGARPA, 2014).

Las ventajas de los sistemas de pastoreo residen en su baja inversión en instalaciones, maquinaria y equipo para la alimentación de los animales, así como en menores costos de operación. El principal punto de ahorro está en la alimentación, ya que, en pastoreo los animales cosechan su propio alimento y las deyecciones regresan directamente a las praderas, evitando los costos de corte, conservación y acarreo de los forrajes, de la limpieza constante de las instalaciones y el manejo de grandes cantidades de estiércol. De este modo, los sistemas de producción de leche en pastoreo se caracterizan por su flexibilidad y menores

costos de inversión y operación, lo que repercute en una alta productividad por unidad de superficie, mano de obra y capital invertido (Arriaga, *et al.* 1999). Se puede decir entonces que con un sistema de pastoreo es factible producir leche a bajo costo con alto rendimiento por unidad de superficie cultivada. Por lo tanto, países como Nueva Zelanda han desarrollado sistemas de producción en los que la demanda de alimento y producción de leche del hato están organizados de acuerdo a la producción estacional de las praderas (Murphy, 2005).

En todas las unidades de producción destinadas a la producción de leche, ya sea en sistemas pastoriles o confinamiento, la cantidad y calidad de los alimentos utilizados y fundamentalmente, la eficiencia con la cual estos alimentos son convertidos en productos comercializables, son factores relevantes en el éxito del sistema productivo. (Piña, 2011).

El propietario de las unidades de producción, mejora su economía con el pastoreo, al existir ahorro en maquinaria y mano de obra para la recolección de forrajes y, en instalaciones para su almacenamiento, sin embargo se debe considerar que es necesario invertir en instalaciones como; cercas, abrevaderos y según la clase de pastoreo, personal para el manejo del ganado (Caravaca *et al.*, 2005).

La eficiencia de un sistema de producción de leche se expresa por los litros de leche o kilos de sólidos lácteos producidos por unidad de superficie (hectárea) ocupadas por las vacas del hato, esta surge como consecuencia de la carga animal, la producción individual y la eficiencia reproductiva (Comeron, 2007).

2.4.1 Sistema de producción en pastoreo Intensivo.

El pastoreo intensivo es un procedimiento tecnificado que en producción de leche utiliza niveles bajos de recursos como; capital, mano de obra, entre otros, requeridos para lograr una buena producción de forraje por hectárea o por unidad a través de un aumento en la presión de pastoreo mejorando el porcentaje de forraje

producido lo que permite el aumento de la carga animal y con esto se puede lograr una buena producción de leche o sólidos lácteos. La administración del pastoreo se puede intensificar mediante la sustitución de métodos que aumenten la producción y el uso de los recursos antes mencionados (Allen *et al.*, 2011).

2.5 Factores que afectan la cosecha de forraje de la vaca.

Los factores que afectan el consumo de forraje de las vacas se pueden dividir en dos grupos clasificados como extrínsecos e intrínsecos al animal (Tarazona *et al.*, 2012) los primeros están relacionados a las condiciones ambientales que determinan estructura de las pasturas, densidad de especies de plantas, facilidad de acceso a los forrajes, la distribución del pastoreo durante el día, así como el tiempo total dedicado a este, las características nutritivas del alimento (digestibilidad, palatabilidad entre otros.), al uso del pastoreo en cuanto a la presión de pastoreo y carga animal (vacas por ha). Las características intrínsecas se refieren básicamente a los factores que limitan el consumo por la vaca (Tarazona *et al.*, 2012) (especie, raza, sexo, estado fisiológico, salud, tiempo de consumo y experiencias) y estos determinan que tanto el animal es capaz de comer. Incluye los conceptos señalados a continuación:

- La habilidad del animal para consumir el alimento (tasa de ingestión).
- La habilidad del animal para acomodar y movilizar el alimento por su tracto digestivo (capacidad ruminal).
- La habilidad del animal para degradar el alimento en partículas más pequeñas y digerirlas (tasas de degradación y digestión).
- La habilidad del animal para usar los nutrientes procedentes del tracto digestivo (tasa de actividad metabólica).

La ingestión de alimentos por el animal está controlada por mecanismos fisiológicos que llevan al animal a iniciar y a finalizar el consumo en un momento dado; es un aspecto multifactorial controlado por el hipotálamo (Bondi y Drori, 1988) y este

consumo debe corresponder a las necesidades y requerimientos del estado fisiológico en el que el animal se encuentra (Araujo-Febres 2005). El sabor de los alimentos juega un papel biológico fundamental en relacionar al animal con su medio ambiente y ayuda a regular el consumo de lo agradable y a rechazar lo no apetecible (Bell, 1984). El ganado posee receptores para sabores en la lengua que responden a cuatro sabores básicos: salado; dulce; amargo y ácido. Las variaciones en la intensidad de estos sabores son informadas en forma continua al control central de percepción (Bondi y Drori, 1988).

Por otro lado, la máxima capacidad de consumo de alimento de una vaca (MCC), que es el resultado del balance entre las posibilidades de consumo y las limitaciones impuestas al animal en su habilidad para comer lo suficiente para satisfacer sus necesidades de consumo, se afecta por muchos factores. La MCC de un animal, está controlada por muchos factores, a nivel metabólico las concentraciones de nutrientes, metabolitos u hormonas pueden estimular el sistema nervioso para que el proceso de consumo de alimentos comience o termine según sea el caso, a nivel de sistema digestivo las cantidades de los productos de la digestión pueden determinar las cantidades de alimento que consumen las vacas y por último los factores ambientales que son determinantes en el consumo de alimentos, sobre todo en animales en pastoreo (McDonald *et al.*, 2011). En las vacas los límites en el consumo de los alimentos con baja digestibilidad, están a cargo de receptores sensibles a la expansión del tracto digestivo cuando este se encuentra lleno. Los límites para el consumo de alimentos con alta digestibilidad, están a cargo de receptores sensibles a la concentración de acetato y otros metabolitos en la sangre, intestino o tejido graso.

Los ácidos grasos volátiles afectan el consumo, y cuando se alcanzan altos niveles en el fluido ruminal se inhibe la motilidad retículo-ruminal. Los ácidos acético y propiónico afectan el pH y la presión osmótica y éstos afectan la motilidad ruminal (Bondi y Drori, 1988). Cuando el pH ruminal baja alrededor de 5,0 ocurre una paralización del rumen, y la hipofagia que le sigue es más debida a la paralización

del rumen que a la baja del pH *per se* (Forbes, 1986). El consumo voluntario es definido como la cantidad de materia seca consumida cada día cuando a los animales se les ofrece alimento en exceso (Minson, 1990). En producción animal se busca siempre que el animal o grupo de animales consuman la mayor cantidad de alimento posible que garantice un óptimo desempeño productivo, en términos generales se busca que el animal aumente al máximo su producción al menor costo posible (Shimada, 2015), para lograr este objetivo es importante conocer la conducta o los hábitos que el ganado presenta durante el día. Bajo condiciones normales, el animal destinara tiempo para realizar actividades fundamentales como alimentarse, descansar y socializar con el grupo y el tiempo que destina para cada una de ellas es muy variable ya que dependen de muchos factores. Si a lo anterior le agregamos las actividades impuestas por el humano para someterlo a un proceso productivo, algunas de esas actividades fundamentales pueden verse seriamente alteradas.

El consumo de alimento tiende a ser alto en los animales que demandan una mayor cantidad de nutrientes: animales en crecimiento, hembras gestantes, hembras lactantes y animales que realizan mucho trabajo (Preston y Leng, 1989).

En el caso particular de la alimentación, el bovino define a grandes rasgos dos periodos, uno es la cosecha o consumo de alimento y el otro de rumia. La duración de estos periodos está determinada por una diversidad de factores donde destacan los ambientales que incluye temperatura, fotoperiodo, radiación solar y fuerza del viento. La vaca como rumiante, destina prácticamente la mitad de su vida masticando y esta actividad es de gran importancia ya que la eficiencia en la masticación tiene un efecto contundente en su nivel de consumo, tanto durante la cosecha del alimento como en la molienda (rumia), la vaca invierte de 5 a 9 horas del días para rumiar (regurgitación, masticación, salivación y deglución) (Pereyra y Leiras, 1991). La rumia tiene como principal objetivo la fragmentación del alimento hasta partículas cada vez más pequeñas al punto en que este pase de un compartimiento digestivo a otro (lo que se conoce como tasa de pasaje); en función de esto, el rumen tendrá mayor capacidad de procesar alimento, en términos

generales los alimentos que contengan más fibra (FND) requerirán más tiempo para masticar o triturar, lo cual por lógica incrementará el periodo de rumia. La ingestión relacionada con el ritmo de digestión de la dieta que con la digestibilidad de esta, los alimentos cuya digestión es rápida, determina ingestiones elevadas de alimento, mientras mayor sea el ritmo de digestión, más rápido se vacía el tracto digestivo y hay más espacio disponible para la siguiente comida (McDonald *et al.*, 2011).³

2.6 Factores que influyen en la producción y composición de la leche.

Son diversos los factores que pueden influir en la producción y composición de la leche, mediante una interacción compleja, de forma directa o indirecta en el animal. De tal manera que todo el potencial genético del animal para producir leche está determinado por estas interacciones y por el medio en el que se encuentra.

2.6.1 Estacionalidad de la producción de leche.

Cuando los pastos que constituyen las praderas presentan tasas de crecimiento con notables variaciones en cada temporada del año, la riqueza de la leche en grasa y sólidos no grasos es mínima a la mitad de verano y máxima al final del otoño y la cantidad de leche varía de forma inversa. Esta evolución ocurre en la mayoría de los países independientemente de la alimentación (Alais, 2003).

En un estudio realizado por García y Holmes (2001), donde se llevó a cabo una comparación para estudiar los efectos de la temporada de parto en la productividad y rentabilidad, la unidad de producción se dividió en 3, y cada división midió 40 ha y en cada una de ellas se estableció un sistema de pariciones diferente, a) sistema de parto de las vacas en otoño, b) parto en primavera y c) la mitad de las vacas de parto en primavera y la mitad en otoño, se evaluaron los registros del hato de 3 años en total fueron 11,000 registros de 450 vacas de la raza Holstein Frislean y 937 lactancias individuales, en donde las vacas estuvieron en pastoreo en primavera con forraje de alta calidad como lo son: *Lolium multiflorum* (Rye grass perenne),

Trofolium repens (trébol blanco), *Dactillis glomerata* (pasto orchard), *Bromus catarticus* (pasto bromus) y *Festuca aurundinicea* (pasto festuca), el porcentaje de proteína en leche fue relativamente alto, de 3.2 - 4.2 % tanto para vacas de parto en primavera, en lactancia temprana como para vacas de parto en otoño en lactancia media a tardía. Por otra parte en otro estudio llevado a cabo por González *et al.* (2010) donde utilizaron 61 vacas de la raza Holstein Frisiean, se distribuyeron en 3 grupos y se aplicaron los siguientes tratamientos: a) en condiciones de confinamiento las 24 horas y ensilado como alimento 40 kg/vaca/día, b) en pastoreo 12 horas suplementando con ensilado, 15 kg/vaca/día y c) pastoreo las 24 horas; la respuesta del perfil de ácidos grasos parece tener cierta estacionalidad, en primavera el contenido de ácido linoleico conjugado en leche es tres veces superior en las vacas en pastoreo que en las que se alimentan con ensilado, mientras que en verano esta diferencia se reduce a la mitad.

2.6.2 Temperatura.

Las vacas tienen un intervalo de comodidad térmica conocida como zona termoneutral, en la que desarrollan sus funciones en óptimas condiciones. Para las vacas lecheras el intervalo de temperatura estimado de mayor eficiencia es de 13-18°C, es el intervalo en el que hay un mejor uso de la energía (Mc Dowell 1972 citado por NRC, 1981). El intervalo en el que no se encontraran grandes cambios en la ingesta del alimento o en procesos fisiológicos es de 5 a 25°C (Mc Dowell 1972, citado por NRC, 1981). Dentro del intervalo se activan mecanismos de termorregulación normales por lo que la vaca no gasta energía adicional. Cuando los valores de la temperatura ambiental están fuera del intervalo de la zona termoneutral, la vaca emplea energía en mecanismos compensatorios.

Como consecuencia de lo anterior, es posible observar alteraciones en el consumo de alimento, comportamiento y productividad. Estos cambios se hacen más evidentes bajo condiciones extremas de frío o calor, implicando reducciones en los índices productivos, como ganancia de peso y producción de leche diaria (Arias *et*

al, 2008). La capacidad que tienen de adaptarse a temperaturas fuera de la zona termoneutral depende de la edad y del nivel de producción láctea (Cerqueria *et al.*, 2016). Si la temperatura ambiental alcanza valores por encima de 18°C, para los animales de clima templado y 26°C para los de clima tropical, se produce una falla en los sistemas de termorregulación, aumentándose la temperatura del animal y se activan mecanismos compensatorios para regular la temperatura, también hay una disminución de consumo de alimento con una disminución de la producción de leche y un cambio en la composición de la misma (Flemenbaum, 2011; Roca, 2011). Cuando la temperatura de la zona termoneutral del límite superior es rebasada, las vacas pueden llegar a un proceso llamado estrés calórico, el cual induce la producción de radicales libres derivados del oxígeno que se asocian con efectos negativos en la fisiología, patología y productividad de las vacas lecheras (Anzures *et al.*, 2015).

2.6.3 Fisiológicos.

2.6.3.1 Etapa de la lactancia.

La producción diaria de leche y de sus principales componentes: lactosa, grasa, materias nitrogenadas totales y caseína, no evolucionan de la misma manera en el curso de la lactancia (Alais, 2003). Las curvas típicas de lactancia de las vacas lecheras muestran un rendimiento diario, un pico o rendimiento máximo entre 4 y 8 semanas después del parto, seguido de una disminución diaria en la producción de leche (tasa de persistencia) hasta que la vaca termina de lactar o la lactancia se interrumpe de forma natural (Keown *et al.*, 1986; citado por García y Holmes, 2001).

La máxima de producción de leche y lactosa se encuentra dentro de 20 a 25 días después del parto, el nivel de producción de materias nitrogenadas alcanza su máximo inmediatamente después del mismo. Para la caseína y materias grasas el máximo se alcanza hacia el 10º día. La leche tiene una mayor cantidad de nutrientes

hacia el 5º mes de la lactación. La producción de leche aumenta hasta la 5ª lactación y se mantiene o decrece según la genética de las vacas (Alais, 2003).

2.6.3.2 Edad.

Para alcanzar la máxima producción, una vaca requiere de por lo menos cuatro años de edad, y es a partir de los ocho años que ésta empieza a disminuir de forma lenta y progresiva, lo anterior es difícil de observar ya que el ganado altamente especializado es eliminado a muy temprana edad (Avila y Gutiérrez, 2014). La madurez productiva es alcanzada desde la tercera lactancia, que es la mejor de todas.

2.6.4 Alimentación.

La alimentación es uno de los factores más importantes en la producción de leche, ya que ésta debe estar enfocada en proporcionar una nutrición óptima a las vacas, sobre todo aquellas de alto mérito genético para la producción de leche, para que estas cubran sus requerimientos y puedan desarrollar todo su potencial productivo.

Los cambios nutricionales son el principal factor responsable de los cambios en el contenido de los componentes de la leche, principalmente pueden modificar, la grasa, la proteína y otros sólidos lácteos (Campabadal, 1999). De manera muy general Looper, (2013) menciona que un aumento en el consumo de alimento (nutrientes) aumenta el porcentaje de grasa y proteína en la leche, así como un aumento en la frecuencia de la alimentación, cuando se proporciona una dieta baja en aporte energético, el porcentaje de grasa y proteína en leche disminuye, mientras que un aporte excesivo de fibra provoca un ligero aumento del porcentaje de grasa en leche y el porcentaje de proteína disminuye. Gallardo (2006), encontró que existe una relación significativa entre el porcentaje de proteína total de la leche y el nivel de energía metabólica consumida por el animal, por cada Mcal (mega caloría) de

EM (energía metabólica) se puede incrementar el porcentaje de proteína en leche 0.01.

En el estudio conducido por García y Holmes (2005), donde utilizo 225 vacas distribuidas en 3; a) vacas de parto en primavera (80), b) vacas de parto en primavera (100) y c) vacas de parto mitad en primavera y mitad en otoño (45), todas de la raza Holstein, la eficiencia en la conversión alimenticia, expresada como kilogramos de grasa láctea más proteína láctea producida por kilogramo de materia seca consumida, fue mayor en el primer tercio de la lactancia que en el último tercio de la misma, independientemente de la temporada de parto. Esto porque en la primera etapa de la lactancia la vaca destina mayor cantidad de nutrientes a la leche que en la última etapa. Todas las vacas estuvieron en pastoreo con rye grass perenne (*Lolium multiflorum*), Trébol blanco (*Trifolium repens*), pasto orchard (*Dactylis glomerata*), pasto bromus (*Bromus uniolodes*) y pasto festuca (*Festuca aurundinacea*) y se les ofreció como complemento ensilado de maíz.

2.6.5 Climáticos.

La temperatura ambiental, la humedad relativa, la velocidad del viento y radiación solar, son factores climáticos que afectan el desempeño del ganado lechero y por lo tanto sus variaciones afectan la producción de leche.

La humedad relativa (HR) es considerada un factor de potencial estrés en el ganado, ya que acentúa las condiciones adversas de las altas temperaturas (Da Silva, 2006 citado por Arias *et al.*, 2008), con altos contenidos de humedad en el aire se disminuye el intercambio entre la superficie del animal y el aire aumentando el estrés calórico (Saravia y Cruz, 2003). El viento, por otra parte, ayuda a reducir los efectos, mejorando los procesos de disipación de calor por vías de evaporación (Mansilla, 1996 citado por Herrera, 2011). Esta respuesta depende del estado en que se encuentra la piel del animal, es decir, seca o húmeda. La transferencia de calor es más eficiente cuando la piel esta húmeda que cuando está seca. Si la

temperatura del aire es superior a la temperatura de la piel, el animal ganará calor del medio que lo rodea y todo incremento en la velocidad del aire, solo servirá para aumentar esa ganancia (Herrera, 2011). La radiación solar (directa e indirecta), es uno de los factores con más impacto en el estrés calórico de los animales. La cantidad de calor radiante absorbida por un animal depende no solo de la temperatura, sino también del color y textura de su pelaje, por lo que las razas con piel oscura irradian y absorben más calor (INTA, 2018).

El clima, representa una interacción de factores que repercuten en el animal, permitiendo que se encuentre dentro o fuera de la zona de termoneutralidad. Cuando el animal se encuentra dentro de ésta zona, destina la energía que aporta la dieta para su mantenimiento y producción de leche, por lo contrario si se encuentra fuera, esta se verá reducida para llevar a cabo mecanismos de termorregulación.

2.6.6 Genéticos.

Los componentes de la leche así como la cantidad de litros producidos están influenciados en gran medida por características genéticas de los animales como las razas que existen. Por ejemplo, el contenido de grasa suele ser mayor en el ganado *Bos indicus* que en el *B. taurus*, puede ser de hasta el 5,5 % (FAO₂, 2018). Dentro de estos dos géneros, existen varias razas destinadas para la producción de leche y cada una de ellas tiene diferencias en la composición láctea.

En el cuadro 5, se muestran algunos ejemplos de las razas *B. taurus*.

Cuadro. 5 Composición de la leche de algunas razas lecheras

Raza	Sólidos Totales %	Grasa %	Proteína %	Lactosa %	Ceniza %
Holstein F.	12.28	3.41	3.32	4.87	0.68
Jersey	14.53	5.05	3.78	5.00	0.70
Ayrshire	12.90	4.00	3.53	4.67	0.68
Pardo Suizo	12.41	4.01	3.61	5.04	0.73

Fuente: DGPA, 2005 y UV, 2010

Otro aspecto importante es la herencia, que permite la selección de los mejores animales en cuanto a composición de la leche, ya que este aspecto tiene un mayor índice de herabilidad que la producción de leche (Alais, 2003). Para la producción de leche, el índice de herabilidad es de 0.25 mientras que para el porcentaje de grasa en leche es de 0.57 y para el porcentaje de proteína en leche es de 0.50 (Ochoa, 1991). Lo que beneficia la tendencia actual de mantener una buena composición de la leche, ya que esto es muy apreciado en el mercado.

2.6.7 Descarga y agitado de leche.

En el proceso de descarga de la leche a través de las tuberías hasta el tanque refrigerante (sistema de bombeo agresivo), puede originar problemas de calidad en leche, algunos de ellos son; mezcla de aire (formación de espuma), fraccionamiento de la materia grasa y proteica (dificulta en desnatado y el batido de la grasa), desequilibrios microbiológicos y oxidación. Las agresiones mecánicas sobre la estructura de la membrana del glóbulo graso causadas en el tanque refrigerante se originan por un excesivo batimiento del agitador o por el fuerte impacto de la leche al caer en el interior del tanque, circunstancias que también airearán demasiado la leche, facilitando la oxidación de los ácidos grasos libres generados en la lipólisis (Callejo, 2010).

Callejo (2008) considera que una vez que la leche llega al tanque de enfriamiento el proceso de agitación tiene que cumplir varias funciones, siendo importantes:

- Evitar la congelación de la leche, ya que en estos casos hay destrucción de caseínas y rotura de la membrana de los glóbulos grasos, produciéndose fenómenos de proteólisis y lipólisis.
- Homogeneizar perfectamente la leche contenida en el tanque para que la temperatura sea homogénea.

El agitado produce un aumento en la superficie de contacto de la leche con el aire lo que hace que se produzcan rotura de la membrana de los glóbulos de grasa, lo que aumenta el riesgo de lipólisis, además el proceso de homogenización puede aumentar el riesgo de oxidación de las grasas (Varnam y Sutherland, 1994).

2.7 Factores que influyen en la cantidad y calidad higiénica de la leche producida.

2.7.1 Ordeño.

El ordeño se define como la acción de extraer la leche de la glándula mamaria, se puede llevar a cabo de forma natural, que es la que realiza el becerro y de forma artificial la que se realiza por el hombre, manual o con un equipo de ordeño (Avila y Gutiérrez, 2014). El objetivo es realizar el ordeño procurando el bienestar de la vaca, el del ordeñador y que además sea rápido y completo, es decir, sin sobre ordeñar a la vaca.

2.7.1.1 Ordeño manual.

Ordeñar manualmente es sacar o extraer la leche contenida en la cisterna del pezón, apretando o presionando el pezón, con una técnica que facilite la salida de la leche sin lesionarlo (SENA, 1987). Este método utiliza la presión para la extracción de la leche.

2.7.1.2 Ordeño mecánico.

Como su nombre lo indica, este se lleva a cabo con un equipo mecánico de ordeño que extrae la leche de la vaca mediante vacío y presión atmosférica, lo que se da en la cámara entre concha y barril de la pezonera. Aplicando al pezón presión negativa (vacío parcial) seguida de presión positiva, con el fin de aplicar un masaje al pezón y liberar congestión en este.

Se utiliza una extracción intermitente (aproximadamente unas 60 veces por minuto), permitiendo así un descanso al pezón, a la vez que se da un masaje que evita la congestión; estas acciones se consiguen mediante una pezonera de material flexible (normalmente caucho sintético, o silicón) que rodea el pezón y una copa (o casquillo) rígida. Entre la pezonera y el casquillo queda un espacio cerrado herméticamente que se llama "cámara de pulsación" y esta es la que provoca que

la pezonera se colapse para la extracción de la leche desde la cisterna del pezón. En el interior de la pezonera de ordeño hay un vacío continuo de -40 a -50 kPa, cuando en la cámara de pulsación hay vacío, las paredes de la pezonera están tensas al tener la misma presión en ambos lados y se produce la extracción de leche. Cuando en la cámara de pulsación hay presión atmosférica, las paredes de la pezonera se colapsan al tener mayor presión en la parte exterior rodeando al pezón, le dan masaje y no se extrae leche. Este período se llama "fase de masaje" (Callejo, 2010).

2.7.2 Limpieza de equipo de ordeño y almacenaje de la leche.

Una vez que se termina el proceso de ordeño se lleva a cabo el lavado del equipo, paso muy importante ya que el equipo de ordeño es una fuente de contaminación para la glándula mamaria y la leche que fluye. Existen diversos sistemas de lavado, entre los más usados está el de recirculación con uso de agua caliente (CIP). Este sistema permite una total automatización del proceso (Callejo y Díaz, 2001).

El primer paso es el pre-enjuague y se realiza con agua a una temperatura de 40 a 60°C, inmediatamente después del ordeño para prevenir el secado de los sólidos de leche en el interior del equipo de ordeño y se realiza hasta que el agua se vea totalmente clara, esta agua no se recircula. El agua muy caliente puede causar la desnaturalización de las proteínas y formar una película de proteína en las superficies, mientras que agua demasiado fría puede causar la cristalización de grasa y la formación de una película de grasa en el equipo de ordeño (Jones, 2009) y lo anterior hace más difícil la limpieza.

Posteriormente se lleva a cabo el lavado propiamente dicho y como primer paso se utiliza un detergente alcalino que sirve para remover los residuos orgánicos como la grasa y las proteínas de la leche, este lavado se recomienda fuertemente que el agua debe iniciar con una temperatura de 71°C y al final del ciclo debe tener 49°C

y se recomienda que dure 10 minutos en recirculación (WestfaliaSurge, 2005), esto hace que el detergente trabaje con mayor eficiencia en la remoción de la grasa principalmente. Después se realiza un ciclo de lavado con un detergente ácido para eliminar los depósitos minerales del agua y la leche (Reinemann *et al*, 2000), se recomienda que la temperatura del agua este entre 35°C y 43°C al final del ciclo y que tenga una duración de 5 minutos (WestfaliaSurge, 2005). Entre estos dos pasos debe haber un enjuague abundante con agua, a una temperatura de entre 40°C y 60°C, ya que si el detergente ácido y el alcalino llegaran a mezclarse podrían neutralizarse, perdiendo el efecto deseado. Finalmente, se recomienda fuertemente el empleo de un “sanitizante” como lo es el hipoclorito de sodio, el cual es ampliamente usado en lechería, este enjuague se hace a descarga continua (no se recircula), se realiza media hora antes del ordeño con una duración entre 4 y 5 minutos y el agua debe tener una temperatura entre 35°C y 43°C (WestfaliaSurge, 2005).

Existen muchos sistemas automatizados disponibles para limpiar el equipo después de cada ordeño. Cuando el sistema automatizado se programa y se mantiene correctamente, puede ser altamente efectivo. Sin embargo, los sistemas automatizados deben revisarse regularmente para garantizar que se utilizan los volúmenes correctos de agua y productos químicos y que las temperaturas son adecuadas (Ohnstad, 2013). Normalmente esto se lleva a cabo por un proceso de mantenimiento y calibración que debe ser programado periódicamente.

Existen distintas rutinas de limpieza para el equipo de ordeño, las recomendaciones de limpieza y desinfección son un equilibrio entre la temperatura y volumen del agua, la concentración química de los detergentes, el tiempo de contacto (recirculación) y la acción mecánica (tallado), en los sistemas de ordeño por tubería el tiempo de recirculación que se ha visto ser efectivo va en un intervalo de 10 a 15 minutos (Reinemann, 2000).

La leche es un producto muy susceptible de adquirir olores o sabores extraños y es

un medio de cultivo para los microorganismos (FAO, 2011), por esto es necesario contar con sistemas que frenen o inhiban el crecimiento bacteriano. Cuando la leche será almacenada es necesario que se conserve a una temperatura que este dentro de un intervalo de 2°C a 4°C, ya que el desarrollo bacteriano a esta temperatura es casi nulo (SENA 2, 1987).

El mejor sistema y prácticamente el único, para almacenar y conservar la leche, consiste en enfriarla a una temperatura en un intervalo de 3 a 4°C y durante un tiempo limitado, el cual idealmente son 24 horas (Callejo, 2008), una temperatura menor a 3°C puede dar lugar a fenómeno de congelación. Este proceso de enfriamiento se puede realizar mediante un tanque de enfriamiento, o en producciones a gran escala se usa un sistema de enfriado instantáneo llamado “chiller” y la leche se enfría a la temperatura deseada, después se almacena en un tanque (termo) que únicamente mantiene la temperatura hasta que esta es retirada.

Los materiales utilizados y el diseño del tanque deben permitir una limpieza adecuada con un sistema automático (o semiautomático) y drenaje rápido por gravedad, el sistema de enfriamiento del tanque debe poder enfriar un tanque lleno, de 35 a 4 °C en menos de 2 h a 3.5 h (Tamime, 2009), esto para un tanque de 7000 litros, ya que durante este tiempo el crecimiento bacteriano es bajo y es el tiempo máximo aceptado por las normas, sin embargo la velocidad de enfriamiento es muy importante ya que entre más rápido sea, menor crecimiento bacteriano habrá. En la actualidad un tanque de enfriamiento de la capacidad mencionada se tarda en enfriar la leche menos tiempo de lo que marca la literatura, esto dependerá de factores como: cantidad de la leche, temperatura ambiente y mantenimiento del tanque.

Independientemente de la temperatura a que se conserve la leche, cuanto más largo es el período de almacenamiento mayor es el crecimiento bacteriano por lo tanto para obtener leche de buena calidad bacteriológica no basta con enfriarla y mantenerla fría, sino que también hay que realizar todo el proceso del ordeño y el

almacenamiento con una higiene rigurosa, los malos resultados en calidad no son necesariamente debidos a un mal funcionamiento del tanque de enfriamiento (Callejo, 2008), a más de 4°C, las bacterias psicrótrofos pueden causar proteólisis y lipólisis en la leche almacenada por largos periodos (Chandan, 2008).

Para garantizar su seguridad microbiana y prolongar su vida útil, la leche debe someterse a un proceso térmico (Claeys *et al.*, 2013). Los estándares actuales de pasteurización se basan en la destrucción de *Coxiella brunetti*, el patógeno zoonótico transmitido por la leche más resistente al calor conocido (Stabel *et al.*, 2001 citados por Claeys *et al.*, 2013).

2.8 Leche y lactogénesis.

La leche es el producto integro no alterado, ni adulterado y sin calostro; procedente del ordeño higiénico regular, completo e ininterrumpido de especies mamíferas (Aranceta y Serra, 2005) destinado principalmente a la alimentación de las crías. La NOM-243-SSA1-2010, define a la leche como la secreción natural de las glándulas mamarias de las vacas sanas o de cualquier otro mamífero, excluido el calostro.

Durante el último tercio de la gestación, la glándula mamaria adquiere la capacidad para sintetizar leche, sin embargo una producción copiosa de la misma no ocurre hasta que los cambios de las hormonas empiezan a actuar, observándose una rápida reducción de la progesterona circulante, incremento sostenido del estradiol y prolactina, así como el aumento de corticosteroides y hormona del crecimiento (Caballero *et al.*, 2010).

El inicio de la lactancia se realiza por un aumento repentino de la tasa de actividad secretora de las células epiteliales cerca del momento de parto. Una parte del aumento de esta tasa de secreción se debe a la evacuación de productos

secretores, y otra se debe al estímulo hormonal (Avila y Gutiérrez, 2014).

La lactogénesis (inducción de la síntesis de leche) es un proceso de diferenciación en el que las células mamarias alveolares adquieren la capacidad de secretar la leche y es un mecanismo que consta de dos fases (Dukes y Reece, 2009). La primera fase es la de diferenciación citológica y enzimática de las células alveolares y coincide con una limitada síntesis y secreción de la leche antes del parto, es aquí donde se sintetiza el calostro, también se produce el desarrollo del retículo endoplásmico rugoso, del retículo endoplásmico liso y del aparato de Golgi lo cual permite la síntesis de proteínas, grasa y lactosa respectivamente. La segunda fase es el periodo de secreción de todos los componentes de la leche inmediatamente después del parto. (Dukes y Reece 2009).

Después del pico de producción hay una disminución paulatina en la producción láctea que probablemente se deba a la pérdida en el número de células secretoras y no a la pérdida de actividad secretora (Svennersten-Sjaunja y Olsson, 2005).

Para mantener la lactogénesis, la leche debe ser retirada de la glándula mamaria mediante succión u ordeño. Si esto no ocurre durante 16 horas en la vaca, su síntesis comienza a inhibirse. La retirada eficiente de la leche requiere la liberación de oxitocina, que causa la contracción de las células mioepiteliales que rodean al alvéolo y el traslado de la leche a los conductos y cisternas (Cunningham y Klein, 2009).

2.9 Importancia de la leche como proteína de origen animal.

La leche es un líquido fisiológico complejo que proporciona nutrientes y componentes bioactivos que facilitan la adaptación posnatal exitosa del recién nacido al estimular el crecimiento celular y la maduración digestiva, el establecimiento de microflora simbiótica y el desarrollo de tejidos linfoides asociados al intestino (Ebringer *et al.*, 2008).

La leche materna es sin duda la mejor fuente de proteínas para un recién nacido. Sin embargo, a medida que el niño crece y otros alimentos proporcionan la proteína necesaria, la leche de la vaca (o de otros mamíferos) adquiere una importancia adicional, especialmente debido a su contenido de aminoácidos esenciales. Esta “proteína de alta calidad” o “proteína completa” se refiere a la proporción de aminoácidos adecuada a las necesidades del cuerpo. La leche contiene los ocho aminoácidos esenciales requeridos de los alimentos que nuestro cuerpo no puede sintetizar (Bishop, 2010). Un vaso de leche al día proporciona a un niño de cinco años 21% de las necesidades de proteína, 8 % de calorías y micronutrientes (calcio, selenio, magnesio y otros), además proporciona riboflavina, vitamina B12 y vitamina B5 (FAO, 2015).

En la actualidad el consumo de leche de vaca esta desacreditado, por fortuna existen muchas publicaciones que demuestran las ventajas del consumo de la misma. En una revisión de estudios epidemiológicos, parece que no existe una relación consistente entre una alta ingesta de productos lácteos y enfermedades cardiovasculares (Astrup *et al.*, 2011). Algunos ácidos grasos saturados en la leche tienen efectos positivos sobre la salud, por ejemplo, el ácido butírico puede desempeñar un papel en la prevención del cáncer, el ácido caprílico y cáprico puede tener actividades antivirales, el ácido láurico puede tener funciones antibacterianas y antibacterianas, y podría actuar como un agente anti caries y anti placa, el ácido esteárico no parece aumentar la concentración de colesterol sérico y no es aterogénico (Ebringer *et al.*, 2008, Haug *et al.*, 2007; citado por Claeys *et al.*, 2013).

2.10 Definición de calidad de leche.

La definición de leche de buena calidad es compleja, ya que abarca varios aspectos, los principales son: características higiénicas y características de composición (Hamann, 2005). En otras palabras la leche de buena calidad será aquella que cumpla consistentemente con las expectativas nutricionales, sanitarias

y organolépticas del consumidor cuya composición justifique lo que está pagando por ella (Pérez, 2011).

Para todos los países existen organismos que regulan este aspecto y se encargan de que se aseguren dichas características y que sea un producto sobre todo inocuo. En México es el Consejo para el Fomento de la Calidad de Leche y sus Derivados, A.C (COFOCALEC), la Secretaría de Salud (SSA) y la Secretaría de economía (SECOFI) se encarga que los productos lácteos cumplan con los parámetros establecidos.

2.11 Análisis de calidad de la leche.

Con el fin de cumplir con ciertas características para ser un producto de alta calidad e inocuo, existen normas que establecen los métodos de prueba llevados a cabo en un laboratorio para calidad fisicoquímica y sanitaria, a los que se someterá la leche para verificar que cumpla con los estándares propuestos y poder garantizar que es un producto apto para el consumo humano y la transformación.

La norma con la que la leche cruda debe cumplir es la NMX-700-COFOCALEC-2012 ya que es la única que es específica para leche cruda.

2.11.1 Análisis sensorial.

Este análisis consiste en describir lo que percibimos con nuestros sentidos, principalmente la vista, el tacto y el gusto.

Las especificaciones sensoriales según SSA (1994) son las siguientes:

- Color: Característico. La leche obtenida en circunstancias normales, es de color blanco intenso, completamente opaca.
- Olor: Característico, se busca principalmente que esté exento de olores extraños (ensilado, jabón, quemado, rancio, etc.)

- Sabor: Característico, exento de sabores extraños que sean desagradables para el consumidor. El sabor de la leche en condiciones normales es suave y ligeramente dulce.

Otros autores (Stone, 2004 citado por Citalan, 2016) sugieren una evaluación más específica de leche de vaca, donde se evalúa:

- Apariencia, puede ser: color característico. Color opalescente, blanco o blanco amarillento característico de la leche entera de vaca.
- Olor puede ser: característico, extraño, herbal, frutal agrio o fermentado.
- Sabor, puede ser: característico, leche entera, leche de vaca, a crema de leche, extraño, dulce, medicina, metálico, rancio , amargo, a forraje, leche cocida y a grasa de leche.
- Textura en la boca: espesa, fluida o acuosa.

2.11.2 Análisis fisicoquímico.

Consiste en determinar los principales componentes de la leche y así poder determinar si la leche cumple con las exigencias legislativas y puede ser destinada al consumo humano asegurando que no está adulterada ni contaminada (Varnam y Sutherland, 1994).

2.11.2.1 La prueba de densidad.

La leche es una emulsión de grasa en agua, consecuentemente su densidad está en función de la grasa y del agua, así como de las proporciones de estos componentes. La grasa tiene una densidad aproximada de 0.93 y la de los sólidos no grasos 1.5. Cuando el contenido de la grasa en leche aumenta la densidad disminuye, cuando los sólidos no grasos de la leche aumentan la densidad también se incrementa (NMX-F- 700-COFOCALEC 2012).

La densidad es igual al peso en kilogramos de un litro de leche a una temperatura de 15°C. Cuando se determina la densidad relativa de la leche, el valor observado en el lactodensímetro debe corregirse en base a una temperatura de 15°C a 20°C, agregando o restando el factor de 0.0002 por cada grado centígrado registrado arriba o abajo de la temperatura mencionada respectivamente. Cuando a la leche se le ha adicionado agua, la densidad baja, por debajo de 1,028 y al ser descremada la densidad aumenta por encima de 1,034. Una leche descremada y aguada ligeramente, puede tener una densidad normal, por ello la medida de la densidad no revela el fraude por sí solo (SENA, 1987).

2.11.2.2 Sólidos lácteos.

Existen varios métodos para realizar esta prueba, con el paso del tiempo la tendencia es que estos se realicen de manera más eficiente para poder contar con los resultados de manera casi inmediata. Por lo anterior existen varias tecnologías para determinar los componentes de la leche, una de ellas es espectroscopia de infrarrojo. Los componentes de mayor interés son grasa y proteína, sin embargo esta tecnología también tiene la capacidad de determinar, lactosa y sólidos no grasos.

La espectroscopia de infrarrojo es una técnica basada en la absorción de energía infrarrojo a longitudes de onda específicas, por los grupos carbonilo en las cadenas de ácidos grasos de las moléculas de grasa y por los grupos carbonilo presentes en los ésteres ligados a estas mismas moléculas, por los enlaces entre aminoácidos en las moléculas de proteína, y por los grupos hidroxilo en las moléculas de lactosa (NMX-F- 700-COFOCALEC 2012).

El contenido de sólidos totales es estimado por la suma del contenido de grasa, proteína y lactosa, utilizando un factor de corrección por el contenido de sales. Los sólidos no grasos son estimados al restar del valor de sólidos totales el contenido de grasa (NMX-F- 700-COFOCALEC 2012).

Existen otros métodos que son los tradicionales con los que se suele calibrar los equipos de métodos rápidos, llamados métodos de referencia y que son los que regula la NOM-155-SCFI-2012.

Para la determinación de grasa se utiliza el método de Gerber. El cual se basa en la ruptura de la emulsión por la adición de ácido sulfúrico concentrado. La grasa libre puede separarse por centrifugación por la adición de una pequeña cantidad de alcohol amílico, el cual actúa como un agente tenso activo que permite la separación nítida de las capas de grasa y la capa ácido-acuosa (NOM155-SCFI-2012).

Mientras que para determinar las proteínas se utiliza el método de Kjeldahl (ver anexo III), que está basado en la digestión de la muestra de leche con una mezcla de ácido sulfúrico/sulfato de potasio y cobre o selenio como catalizador para convertir todo el nitrógeno orgánico presente en la muestra a sulfato de amonio (DIGESTIÓN). Un exceso de hidróxido de sodio concentrado es adicionado a la muestra digerida y fría para liberar amonio (DESTILACIÓN). El amonio es destilado y condensado en una solución de ácido bórico con indicador. La concentración de amonio se titula empleando ácido clorhídrico de concentración conocida (TITULACIÓN) (NOM-155-SCFI-2012).

2.11.3 Análisis sanitario.

Este análisis evalúa la condición sanitaria de los animales en ordeño y las buenas prácticas en la rutina de ordeño, se compone de dos indicadores principales; cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias (CTB), con esta prueba se determina las UFC/ml (unidades formadoras de colonias) y la segunda prueba, recuento de células somáticas (CCS/ml).

2.11.3.1 Cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias.

Aunque la leche debe ser obtenida de vacas clínicamente sanas, la leche no es un líquido estéril desde que está en la glándula mamaria. Las bacterias pueden llegar a la glándula mamaria vía ascendente, son las bacterias que llegan a la leche por contaminación externa a través del esfínter del pezón y por vía descendente, estas pueden ser patógenas o apatógenas (Celis y Juárez, 2009). Desde que la leche sale de la glándula mamaria todo objeto con el que entra en contacto puede ser una posible fuente de contaminación. Las fuentes más comunes son: los animales, el área de ordeño, equipo de ordeño y el personal encargado del proceso. Cuando se requiere investigar el contenido de microorganismos viables en un alimento se puede utilizar la técnica de cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias (NMX-F- 700-COFOCALEC 2012).

En realidad esta técnica no pretende poner en evidencia todos los microorganismos presentes. La variedad de especies y tipos diferenciales por sus distintas necesidades nutricionales, temperatura requerida para su crecimiento, oxígeno disponible, etc., hacen que el número de colonias contadas constituyan una estimación de la cifra realmente presente (NMX-F-253-1977).

2.11.3.2 Cuenta de células somáticas.

Las células somáticas están constituidas por una asociación de leucocitos y células epiteliales. Los leucocitos se introducen en la leche en respuesta a la inflamación que puede aparecer debido a una enfermedad o, a veces, a una lesión. Las células epiteliales se desprenden del revestimiento del tejido de la ubre (Blowey y Ramis, 1999), debido a la apoptosis.

Los microorganismos bacterianos son la causa más importante de mastitis, estas bacterias penetran el canal del pezón y dan comienzo a la inflamación como parte de la respuesta inmune de la glándula mamaria. Los principales leucocitos involucrados en este procesos son los neutrófilos (Saran y Chaffer, 2000).

El recuento de células somáticas puede ser individual o en el tanque. Cuando la muestra es del tanque, esta no dará resultados de que animales están afectados, pero si puede dar un estimado de la salud del hato y ayudar al productor a tomar medidas preventivas (Dohoo y Meek, 1982), para mantener la cuenta dentro de los valores aceptados por las normas establecidas.

2.12 Componentes principales de la leche.

La composición química de la leche presenta variaciones que dependen de la especie y raza del ganado, el área geográfica donde esté establecido el sistemas productivo, la alimentación que se suministre al hato y la capacidad de mantenerlo sano y con bienestar; las condiciones de higiene y temperatura antes, durante y después del ordeño; y otros factores (CANILEC, 2011). Otros factores que influyen en la producción y composición de la leche, son: la nutrición, el sistema productivo y los cambios estacionales (Huppertz y Kelly, 2009). Los principales componentes de la leche de vaca se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Límites biológicos de la composición de la leche de vaca.

Agua: 85.3 – 88.7%

Sólidos lácteos: 11.3 – 14.7%

- a) Grasa 2.5 – 5.5%
- b) Sólidos no grasos 7.9 – 10%

Dentro de los sólidos no grasos:

- Lactosa: 3.8 – 5.3%
- Minerales: 0.57 – 0.83%
- Proteínas: 2.3 – 4.4%

Fuente: FEPALE, 2014

Los componentes que tienen mayor relevancia de la leche están conformados por la fracción lipídica y la proteica, por su valor nutricional y por el valor que tienen en la industria. La nutrición es una de las principales herramientas para modificar la producción y composición de la leche a corto plazo (Brun-Lafleur *et al.*, 2010). Los factores de la dieta más importantes, incluyen: cantidad y calidad de forraje consumido, composición de carbohidratos y lípidos en el alimento balanceado; así como, el consumo total y frecuencia de alimentación (Sutton, 1989).

Una parte de la materia grasa se sintetiza en la glándula mamaria a partir de ácidos grasos volátiles, el resto se forma de ácidos grasos de cadena larga provenientes de la dieta. Entre los componentes predominan los triglicéridos que constituyen 98%; por lo que la dieta de la vaca influye considerablemente sobre el porcentaje de grasa en leche, es el componente de la leche que varía en mayor proporción (Alais, 2003). Las proteínas de la leche son de dos tipos, proteínas del lactosuero y caseínas; las caseínas constituyen más de 80% de las proteínas totales de la

leche, aunque esta proporción varía según la fase de lactancia en la que se encuentre la vaca (Varnaman y Sutherland, 1994).

Se ha observado que con un incremento en el consumo de granos en la dieta de los animales, se incrementa la producción de leche y proteína, pero la concentración de grasa disminuye (Palmquist *et al.*, 1993). De acuerdo a un estudio de Mendoza *et al.* (2011), donde su objetivo fue determinar la relación entre la oferta de forraje diaria ofrecida sobre la producción y calidad de leche, evaluó 5 hatos comerciales, donde la alimentación predominante fueron praderas de gramíneas y las razas en los hatos fue: Normanda, Holstein (H), Red Poll, Simmental, Ayrshire (A), Jersey (J), HXJ y HXA, el consumo de forraje vario desde 7.7 a 14.1 kg/vaca/d⁻¹, concluyeron que las variaciones en la cantidad de oferta forrajera no son suficientes para explicar las variaciones diarias en la composición de la leche, sin embargo, el contenido de proteína en la leche mostró mayor grado de asociación con el consumo de forraje, mientras que la grasa en leche tuvo un alto grado de asociación con la proporción de forraje dentro de la ración. Esto podría explicarse debido a que la mayor variación de estos dos componentes en la leche se debe a la calidad del forraje y no a la cantidad.

2.13 Calidad de la leche en pastoreo.

Muchos estudios se han realizado para comparar los sistemas de producción en pastoreo y los sistemas en confinamiento en varios aspectos, uno de los temas es calidad de leche.

Se observaron números de células somáticas más altos y niveles mayores de mastitis clínica en vacas confinadas en comparación con aquellos en sistemas de pastoreo. Esto puede reflejar una mayor carga general de patógenos y una menor limpieza de los miembros posteriores dentro de los entornos en confinamiento (Arnott *et al.*, 2015).

Hershberger (2012) indica que la leche producida en hatos en pastoreo fue de mejor calidad y el sistema de estabulación es mejor en producción diaria y total, en leche corregida a 4% de grasa, proteína, caseína, lactosa, sólidos totales y sólidos no grasos, con excepción de la producción de grasa que fue más alta en los sistemas de pastoreo. Las muestras de los hatos en pastoreo fueron mejores que a aquellas de estabulación donde sólo 66 y 70% de las muestras de leche sobrepasaron los estándares para grasa y proteína clase A de acuerdo a COFOCALEC, respectivamente. Las vacas en estabulación presentaron porcentajes de 3.5% de grasa y 3.3% de proteína, mientras tanto las vacas en pastoreo presentaron porcentajes de 4.6 – 5.1% de grasa y de 3.3 – 3.9% de proteína.

En un estudio llevado a cabo de Aguilar (2002) en el altiplano central de México donde se evaluaron 3 sistemas, pastoreo intensivo rotacional, pastoreo rotacional tipo orgánico y estabulación total se resalta que hubo una mayor prevalencia de mastitis clínica, por lo tanto una mayor cantidad de células somáticas en el sistema de pastoreo rotacional intensivo y en el de estabulación total. Esta diferencia se atribuye a factores ambientales y de los animales según el autor.

2.14 Ventajas y desventajas en nuestro país.

En México fue hasta mediados de la década de los noventas que existieron incentivos para una buena calidad láctea, el precio no dependía de la composición de la leche u otros parámetros. Posteriormente, las agroindustrias lecheras impusieron requisitos más estrictos a los productores de leche al exigir primero leche fría, luego diseñando esquemas de pago con parámetros determinados de calidad (contenido en grasa, proteína, entre otros) y cantidad (volumen entregado) (Pomeón, 2012 citado por Cervantes *et al.*, 2013).

Actualmente, los sistemas de pago de leche en México en los centros de acopio y plantas procesadoras, funcionan por volumen de leche y puede existir un estímulo para el productor si la leche contiene un mayor porcentaje de sólidos lácteos y un

manejo sanitario adecuado lo que es favorable en los sistemas de pastoreo, como se ha menciona a la largo del trabajo.

Liconsa como empresa estatal contempla un pago adicional por litro, por contenido graso (30 a 35 g) y proteico (más de 30g), por una cantidad de células somáticas baja (de 400,000 a 500,000 CS/mL) y por permanecer vendiendo la leche a este centro de acopio durante cierto tiempo (permanencia) (LICONSA, 2012).

Cervantes *et al.* (2013) recomienda establecer un sistema de control de calidad de la leche basado en incentivos y castigos encaminado a hacer cumplir las normas de calidad por todos los actores de la cadena productiva: productores, acopiadores, industrializadores, distribuidores, y comercializadores.

3. JUSTIFICACIÓN

El sistema de producción en pastoreo tiene diversas ventajas ante el sistema de producción en confinamiento y aunque en México se cuenta con algunas producciones de bovinos lecheros en pastoreo, no existe información suficiente sobre el comportamiento de la producción de leche a largo plazo en éste sistema en el país, considerando tanto cantidad como calidad. Por lo anterior, en este estudio se evaluaron los datos de composición y estructura de hato, producción de leche y resultado de las pruebas de calidad de la leche producida, durante un periodo de 10 años.

El objetivo del trabajo fue realizar una descripción del comportamiento productivo del ganado asociando variables como producción de leche, sólidos lácteos y el conteo de células somáticas a través del periodo estudiado, para buscar las ventajas que el uso de este sistema puede ofrecer.

4. OBJETIVO

El objetivo del presente estudio de tesis fue realizar una descripción del comportamiento productivo del ganado lechero especializado, en el modelo de pastoreo tecnificado a través del análisis de variables como producción de leche, sólidos lácteos, el conteo de células somáticas y la cuenta de bacterias mesófilas aerobias a través del periodo estudiado, para buscar las ventajas que el uso de este sistema puede ofrecer.

5. REVISIÓN SISTÉMICA (Material y métodos)

El Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en el Altiplano (CEIEPAA), dependiente de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se ubica en el km 8.5 de la carretera federal Tequisquiapan – Ezequiel Montes, en el municipio de Tequisquiapan, Querétaro. El sitio se localiza a 20° 36´ 13.88” N, 99° 55´ 02.91” W y altitud de 1913 msnm. El clima es templado, con promedio anual de precipitación de 512 mm ocurriendo en un periodo promedio de lluvias de 78 días y temperatura diaria de 17.5°C, con 18 días de helada de Octubre a Febrero, con veranos cálidos e invierno poco extremo (García, 1981). Los vientos dominantes son en dirección Noreste Suroeste.

El estudio consistió en un análisis retrospectivo de la información técnico-productiva del hato de bovinos productores de leche los cuales se manejan bajo un modelo de producción en pastoreo. El periodo estudiado comprendió desde enero de 2007 a diciembre de 2016, la información obtenida consistió en producción de leche diaria, número de vacas en ordeño, vacas en periodo de descanso de ordeño, destino de la leche obtenida, resultados de las pruebas de control de calidad de la leche (densidad, grasa, cantidad de sólidos lácteos, proteína, lactosa, número de células somáticas, cantidad de bacterias mesofílicas aerobias).

Los datos que se recabaron, se ordenaron en una hoja de cálculo electrónica (Microsoft Office) donde se organizó de la siguiente manera: litros de leche diarios totales, número de vacas en ordeño, número de vacas totales en el hato. Litros de leche totales incluyen: los destinados a venta, a la planta de lácteos, al consumo de becerros y la leche destinada a otros usos. También se incluyeron los resultados de las pruebas de control de calidad de leche. Esta hoja se realizó mensualmente para cada año involucrado en el estudio.

Después se agruparon los datos anteriores en otra hoja de cálculo electrónica para poder ingresar los datos al análisis estadístico en el programa SAS 2003® (Statistical Analysis System), en donde la información se reorganizó de la siguiente manera: número consecutivo del 1 al 3652, fecha, total de litros de leche producidos, número de vacas en ordeño, número total de vacas en el hato, litros de leche producidos en línea, litros de leche producidos en hato, densidad (g/mL), grasa (g/L), sólidos no grasos (g/L) y sólidos lácteos (g/L), lactosa (g/L) y proteína (g/L), cuenta de bacterias mesofílicas aerobias (UFC/mL) y por último número de células somáticas (CCS/mL).

En cuanto a la información de la pradera, algunos parámetros y el ordeño del hato se contempló la siguiente información: composición de la pradera, aprovechamiento y mantenimiento de la misma, implementación del pastoreo, consumo aparente de forraje, tipo de suplemento ofrecido y por último la rutina de ordeño y de lavado de equipo que se empleó en los años que comprende el estudio.

5.1 Análisis de la información.

Los datos de las variables: sólidos totales, sólidos no grasos, grasa, proteína, lactosa, litros producidos en línea y en hato, fueron procesados y analizados por medio de un análisis de varianza de acuerdo al modelo para un diseño completamente al azar, utilizando el PROC GLM del paquete estadístico SAS 2003® (Statistical Analysis System) y una prueba de comparación de medias de

Tukey (Steel *et al.*, 1997). Mientras que para la composición de hato y producción de litros de leche promedio anual, se hizo con la función suma y promedio en el programa Excel.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Análisis de la información

Al obtener la información de las diferentes consideraciones de este trabajo se encontró lo que se describe a continuación

6.1.1 Condiciones generales de la alimentación del ganado

La información respecto a las estrategias de alimentación del ganado indicó como se realizó el aprovechamiento de las praderas destinadas al pastoreo y se obtuvo de los registros técnico-productivos del CEIEPAA.

En los registros obtenidos se observó que las praderas se establecieron en 2005 con los pastos *Dactylis glomerata* (pasto ovillo), *Lolium perenne* (ballico inglés), *Festuca arudinacea* (pasto festuca) y *Bromus catharticus* (pasto bromo), y la leguminosa *Medicago sativa* (alfalfa); pero para 2009 la alfalfa dominaba la pradera entre 80 y 90% de la MF (masa forrajera), según consta en los registros de análisis de la composición botánica de las praderas, después de 2009 se establecieron otras áreas de pastoreo con el mismo criterio de fórmula de siembra, y con el tiempo la alfalfa volvió a dominar hasta casi ser un monocultivo (el pastoreo de alfalfa pura ha sido la tendencia de manejo de la alimentación del ganado). El mantenimiento de la pradera consistió en riego por aspersion (side roll) y el pastoreo se realizó con vacas lecheras usando el método en franjas y permaneciendo en los potreros durante todo el día, saliendo solo para ser ordeñadas y para recibir cantidades variables de materia seca (MS) de complemento en un corral *ex profeso*. En promedio se aplicaron 1.5 riegos por ciclo de pastoreo, pero la lámina de riego no se registró. El

control del ganado fue con cerco eléctrico móvil. La pradera se fertilizó con carbonato de hidróxido de fosfato $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ a razón de $50 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ (óxido de fósforo por hectárea), aplicadas dos veces cada año durante primavera (mayo-junio) y principios de otoño (septiembre-octubre). El área de pastoreo fue desde 9.5 ha, hasta 22.2 ha de 2007 hasta 2012, en este último año y hasta 2016 la superficie mencionada fue asignada exclusivamente para ser pastoreada por el hato estudiado aunque el número de vacas creció, la superficie a pastorear no varió y se tuvo que recurrir a una mayor inclusión de complementos (ver cuadro 7).

6.1.2 Control de la producción y consumo de forraje. Masa de forraje.

Para conocer la producción forrajera y el consumo aparente de MS (materia seca) del ganado en el CEIEPAA realizaron durante los años del estudio la estimación de la masa de forraje (MF) en la pradera (kg MS ha^{-1}) con la técnica del marco metálico descrita por Hodgson (1990), pero con modificación para evaluar la producción por la alfalfa; consistiendo en cortar la MF contenida en un marco metálico de 0.25 m^2 a una altura de 10 cm, con el fin de proteger los tallos de rebrote de la alfalfa. Estimaron la MF ofrecida (MFO) como la MF existente en la pradera previa al pastoreo y la MF residual (MFR) como la cantidad de MF post-pastoreo, ambos expresados en kg de MS ha^{-1} . Para estimar la MFO y la MFR se lanzó el marco ocho veces de manera aleatoria y en cada una se cosechó el forraje, el promedio de la MF constituyó una medición. Las muestras de forraje se deshidrataron en una estufa de aire forzado a 65°C durante 48 h para determinar el contenido de materia seca (MS). Por diferencia entre MFO y MFR, se estimó la cantidad de MF desaparecida (MFD kg MS ha^{-1}), considerándose como una estimación del consumo animal en el día de medición. Para cada periodo de pastoreo se registró el tiempo de recuperación o descanso (TD) entre defoliaciones, en días (d). La tasa de acumulación del forraje (TAF) se calculó como la MFO dividida entre el TD. En función del programa de pastoreo, algún potrero no se pastoreó y entonces la biomasa se cosechó como heno, registrándose el número de pacas y su peso promedio; este forraje se usó como complemento.

6.1.3 Análisis químicos aplicados a la MS de la pradera

Cada mes durante el periodo del estudio el CEIEPPA realizó análisis de la pradera de la siguiente manera: se tomó una muestra de 200 g de MS de forraje de la pradera y se envió al laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ-UNAM. La digestibilidad *in vitro* de la MS la determinaron por el método de Tilley y Terry (1963). El contenido de energía metabolizable del forraje (MJ kg^{-1} MS) lo estimaron a partir de los valores de la digestibilidad *in vitro* de la MS usando las ecuaciones propuestas por Geenty y Rattray (1987).

6.1.4 Características del ganado y de la alimentación

Durante el periodo que comprende el estudio se encontró que el modelo de producción de leche fue con partos y producción durante todo el año. Las praderas en estudio se pastorearon por grupos de vacas en número desde 35 hasta 76 desde 2007 hasta 2016; estas cantidades incluyeron los grupos de lactantes y secas. Los grupos raciales fueron de Holstein Friesian, Jersey y cruza de estas razas, en donde la raza predominante fue la Holstein como se muestra en el cuadro 7. El peso corporal promedio de las vacas durante el periodo de estudio fue de 510 kg. Las vacas se mantuvieron siempre en pastoreo y consumieron complementos ofrecidos en corral después del ordeño. El complemento fue alimento balanceado comercial y/o grano de maíz rolo en una cantidad que varió desde 0.6, a 2.8 kg y heno de pradera desde 1.6 a 1.9 kg (base seca) por vaca por día desde 2007 hasta 2016; durante el periodo de estudio la complementación varió notablemente en cuanto a cantidad y calidad de la materia seca ya que a partir de 2014 se añadió a la complementación ensilado de maíz (9.93 MJ (Mega-Joule) de EM (Energía metabolizable)/ kg de MS (materia seca)) que varió desde 20 a 40% de la MS requerida promedio por vaca por día, el porcentaje que representó el complemento

(alimento balanceado más forraje), estuvo en un intervalo desde 14.5 a 60 (cuadro 7). En los diez años estudiados, el área efectiva destinada al pastoreo fue desde 9.5 ha para 2007 y llegó a 22.2 ha en 2012, manteniéndose ese número hasta 2016. Los excedentes de forraje durante la temporada de abundancia (cuando los hubo), fueron henificados, empacados y almacenados para ser utilizados como complemento en momentos de escases. El área cosechada como heno fue en promedio 8.5 ha (2007 a 2009), 3.9 ha (2010) y 4.5 ha en 2011 y 2012, durante la época de abundancia de MS, en los siguientes años las cantidades de forraje en pradera no fueron significantes, por lo cual no se registraron. La carga animal varió desde 2.0 a 4.2 vacas ha^{-1} año^{-1} (desde 2007 a 2016) ver cuadro 7. La asignación de MF por grupo se estableció con base a los requerimientos promedio por grupo (expresados como mega-joules de energía metabolizable –MJEM-), para mantenimiento del lote, litros promedio vaca/día, considerando su composición en porcentaje de grasa y proteína, requerimientos para mantener gestación y para ganancia de peso corporal, usando los formularios del ARC (1980). Los animales tuvieron acceso libre a agua y sales minerales. En periodos de riesgo de timpanismo se aplicó polisiloxano por vía oral en dosis de 1 g vaca⁻¹ d⁻¹ antes de entrar a la pradera. En el agua de bebida se aplicó BloatTenz® (Ecolab, Ltd, Nueva Zelandia) que es una mezcla de alcoholes etoxilados y propoxilados usados como tensoactivos no iónicos el cual se ofreció en proporción 1:1000. El control del pastoreo y la medicación aplicada al ganado para prevenir el timpanismo, permitieron que no se presentara mortalidad ni casos clínicos relacionados a la alimentación basada en alfalfa bajo condiciones de pastoreo intensivo.

6.1.5 Composición de la alimentación de las vacas

Las praderas que se pastorearon durante el periodo que comprende este estudio tuvieron la siguiente evolución; estaban compuestas en un alto porcentaje de su biomasa forrajera por alfalfa (*Medicago sativa* sp) principalmente durante los años 2009 a 2012, en algunos potreros esta especie represento hasta 100% de la composición botánica. La concentración energética reportada para las praderas

usadas en el estudio estaba en promedio de 10.8 mega-joules de energía metabolizable por kg de materia seca (MJ EM/ kg de MS) de 18 a 22% de proteína cruda (PC), 34% de fibra detergente neutro (FDN).

6.1.6 Rutina de ordeño

Esta información se obtuvo mediante la observación directa en la sala de ordeño y también con entrevistas directas con el personal docente que labora en esta área.

En el periodo de 2008 a 2016, el ordeño se lleva a cabo dos veces al día, una vez por la mañana (5:45) y por la tarde (14:00 horas). Se realizó un ordeño mecánico con una ordeñadora de tipo "Autorotor" (carrusel) (GEA Westfalia ®) de 16 plazas. En el año 2007 aún no se ordeñaba con el carrusel y el lavado aunque también era con un sistema de recirculación lo contralaba el personal encargado del área. La rutina de ordeño completa así como la limpieza del equipo se presenta en el anexo IX.

6.1.6.1 Rutina de lavado del equipo de ordeño

La información acerca del lavado se obtuvo de registros de la sala de ordeño y con apoyo de la empresa GEA®.

La rutina de lavado del equipo de ordeño que emplearon desde el año 2008 al 2016 se realizó de la siguiente manera: después de terminar el ordeño se procede mediante inyección de aire, a través de las tuberías que han trasladado leche para expulsar la leche (restos de leche que pudieran quedar, en el lactoducto) que pueda quedar en la línea. La rutina comienza cuando las vacas regresan al área destinada a pastorear, se limpia manualmente con agua a presión y se recogen las heces del corral de espera y el equipo de ordeño se programa para que inicie el lavado automático, ver anexo IX para ver cómo se realizó.

6.1.7 Muestreo de leche en tanque de enfriamiento

Según los datos de los registros del área de ordeño y de la USEDICO, el muestro de la leche para el periodo que involucra este estudio que se llevó a cabo para las pruebas de calidad se realizó cada tercer día, de acuerdo a la Guía Básica para Efectuar el Muestreo de Leche Cruda del Consejo para el Fomento de la Calidad de Leche y sus Derivados, A.C (COFOCALEC), para ver cómo se realiza el muestreo ver anexo VIII.

Cuadro 7. Condiciones de manejo y alimentación del ganado en pastoreo del CEIEPAA, durante el periodo de estudio.

Año	Total de vacas en pastoreo*	Porcentaje Holstein	Consumo de complemento (kg/MS vaca día)				Hectáreas Pastoreadas	Carga animal (vacas/ha)	Consumo Prob. pradera/vaca día (kg MS)	Aporte pradera %
			Alimento balanceado	Forraje	Total	Inclusión (%)				
2007	35	74.3	1.8	1.6	3.4	19.8	9.5	3.7	13.9	80.3
2008	41	69.0	1.9	1.6	3.5	20.3	10.0	4.2	13.8	79.8
2009	44	59.1	1.7	1.6	3.3	19.2	12.4	3.5	14.0	80.9
2010	53	53.7	0.7	1.9	2.6	15.1	17.8	3.0	14.7	85.0
2011	60	56.7	0.6	1.9	2.5	14.5	22.2	2.7	14.8	85.5
2012	63	55.6	0.7	1.9	2.6	15.1	22.2	2.8	14.7	85.0
2013	60	54.7	2.0	6.8	8.8	50.3	22.2	2.4	8.5	49.1
2014	40	50.0	2.8	7.7	10.5	60.0	22.2	2.0	6.8	39.3
2015	83	65.1	1.8	7.8	9.6	54.9	22.2	2.8	7.7	44.5
2016	76	51.3	1.9	7.9	9.8	56.0	22.2	3.4	7.5	43.4
Promedio	53.4	59.0	1.6	4.1	5.7	32.5	18.3	3.1	11.6	67.3

*Incluye vacas en lactación y en periodo seco.

6.1.8 Composición del hato

La obtención de los datos para el número de vacas en ordeño fue de los registros técnico-productivos del CEIEPAA.

El hato estuvo compuesto principalmente por dos razas, Holstein, Jersey y sus cruza, en el cuadro 9, se muestran los porcentajes de cada raza para cada año. En el periodo estudiado predominó con más de 50 % la raza Holstein. Los primeros dos años del estudio (2007 y 2008) no hay registro de animales Cruza, es hasta el 2009 cuando el porcentaje de esta raza aparece y el porcentaje de Jersey disminuye considerablemente, esto se debió a una tipificación rigurosa en la genealogía de todas las vacas, la cual se inició en el segundo semestre, por lo que resultados se muestran a partir de 2009. Para los años siguientes (2010 - 2016) la raza Holstein sigue predominando y el porcentaje de cruza va de 36 a 40%, el porcentaje de la raza Jersey sigue siendo el más pequeño desde 6 a 13%.

Existen diferencias en cuanto a la cantidad de litros producidos y composición de la leche dependiendo la raza de la vaca. La raza Holstein se caracteriza por producir grandes volúmenes de leche pero un bajo contenido en sólidos totales si se compara con la Jersey, la cruza de Jersey con Holstein produce concentraciones intermedias y volúmenes mayores a Jersey pero inferiores a Holstein (Manterola, 2007).

Cuadro 9. Porcentaje racial del hato

Año	% Holstein	% Jersey	% Cruza
2007	74	26	
2008	69	31	
2009	58	6	36
2010	54	6	40
2011	56	10	34
2012	55	12	33
2013	55	9	36
2014	50	11	39
2015	49	13	38
2016	51	13	36

6.1.9 Producción de leche.

En el cuadro 10, se muestra la producción total de leche en litros para cada año.

Cuadro 10. Producción total de leche por año (Litros)

2007	179,945
2008	220,095
2009	228,855
2010	231,775
2011	270,465
2012	250,025
2013	252,215
2014	198,925
2015	269,370
2016	386,170

En general la producción de leche siguió incrementando en el periodo estudiado, excepto en el año 2014 donde la producción disminuyó con respecto a los años anteriores (2008-2013), a pesar de que fue el año en el que menor porcentaje de inclusión tiene la pradera, 39.3%, por lo tanto el porcentaje de complementación fue mayor (60%), predominando el forraje como complemento y en este año hubo deshecho de animales lo cual se ve reflejado en la baja producción individual del año siguiente (2015). El año 2016 fue el año en el que más leche se produjo y 2007 el año en el que menor fue la producción, esto se atribuyó a que el número de vacas en el año 2007 fue de 35, fue menor que en el año 2016 en el que hubo 76 vacas.

El cuadro 11, muestra el promedio diario de producción de leche con base anual, el promedio de vacas en línea de ordeño por día; promedio de vacas en el hato por día y finalmente el promedio de producción de leche por vaca en línea y por hato al día (lo que también se aprecia en la figura 1). El año donde se encontró mayor eficiencia en la producción de leche (litros vaca/ línea) fue en los años 2007, 2008,

2009 y 2014, con arriba de 17 litros vaca/ línea; aunque, fue en ese último año donde la producción anual resultó ser la más baja con una caída de 20.4% con respecto al año anterior. El año en que el promedio de vacas en ordeño resultó el más alto fue el 2015, seguido de 2016, debido al crecimiento natural del hato, se puede suponer que habrá más vacas en ordeño si existe una correcta relación entre las vacas en ordeño y las vacas en periodo de descanso.

El año que tuvo mayor número de vacas en el hato en promedio fue el 2015 (83) y en el que menos tuvo fue 2007 (35), y el año con mayor eficiencia en la producción de leche (litros/vaca hato) fue 2008 con 14.7 y el más bajo fue 2015 con 8.9 litros por vaca por día. (cuadro 11). Las variaciones en los litros por vaca en hato y en ordeño (línea) se puede deber a prácticas deficientes en el pastoreo como no respetar los tiempos y movimientos del ganado, así como un deficiente programa reproductivo.

Cuadro 11. Promedio diario por año para producción de leche y semovientes del hato en estudio

Año	Total de Leche (litros/día)	Litros por vaca/ línea	Vacas en Ordeño.	Litros por vaca/ hato	Vacas en el hato.
2007	493	17.0	29	14.1	35
2008	603	17.3	35	14.7	41
2009	627	17.3	36	14.3	44
2010	635	14.5	44	12.0	53
2011	741	14.9	50	12.4	60
2012	685	13.6	50	10.9	63
2013	691	14.5	48	11.5	60
2014	545	17.0	32	13.6	40
2015	738	11.1	67	8.9	83
2016	1058	16.7	64	13.9	76

La relación en un hato de vacas en ordeño y vacas en descanso del mismo debe ser de 80-85% y el 20 o 15 % respectivamente, en este cuadro el porcentaje de vacas en ordeño va desde 79 a 85%. La caída del número de vacas en el hato y en ordeño en el año 2014, se debió a muerte o desecho y los efectos negativos se reflejan en la baja producción de leche al siguiente año (2015).

En la figura 1 se muestra la producción de leche promedio por hato y en línea de producción. Se observó diferencia ($p < 0.05$) en la producción de leche litros por vaca en hato al igual que en línea de ordeño a través de los años del estudio, debido a los cambios en la estructura del hato y la alimentación, así como las acciones tomadas en la producción y consumo de forraje. En esta gráfica se puede observar que en los años 2007, 2008 y 2009 la producción de leche en hato y en línea alcanza sus máximos valores, probablemente debido a que la raza Holstein predomina en estos años. En los años 2010, 2011 y 2012 hay una tendencia a la baja, debido a que el porcentaje de complementación con alimento balanceado fue menor y también se observa que el porcentaje de Holstein disminuye en comparación a los años anteriores. En los años 2013 y 2014 hubo una tendencia de incremento en la producción de litros en línea y en hato y el porcentaje de complementación de la dieta aumenta, sobre todo la inclusión del alimento balanceado lo que puede explicar lo anterior. En el año 2015 se presentó una fuerte caída en la producción para después repuntar en el año 2016, lo que se puede explicar porque en el año 2014 hubo desecho y muerte de vacas lo que se ve reflejado en el 2015.

Las inconsistencias en la producción de leche (tendencias a bajar y subir) se deben a las acciones tomadas en el área agrícola del CEIEPAA, se aumentaron las áreas de cosecha y corte de forraje y se descuidaron las áreas destinadas a pastoreo. Los incrementos en la producción de leche principalmente se debieron al incremento del número de animales del hato lechero en cuanto a número de vientres desde 35 para

2007 a 76 al final de 2016 un incremento de 54% y en cuanto al incremento de la producción de leche hubo un porcentaje de incremento muy similar (53.4%).

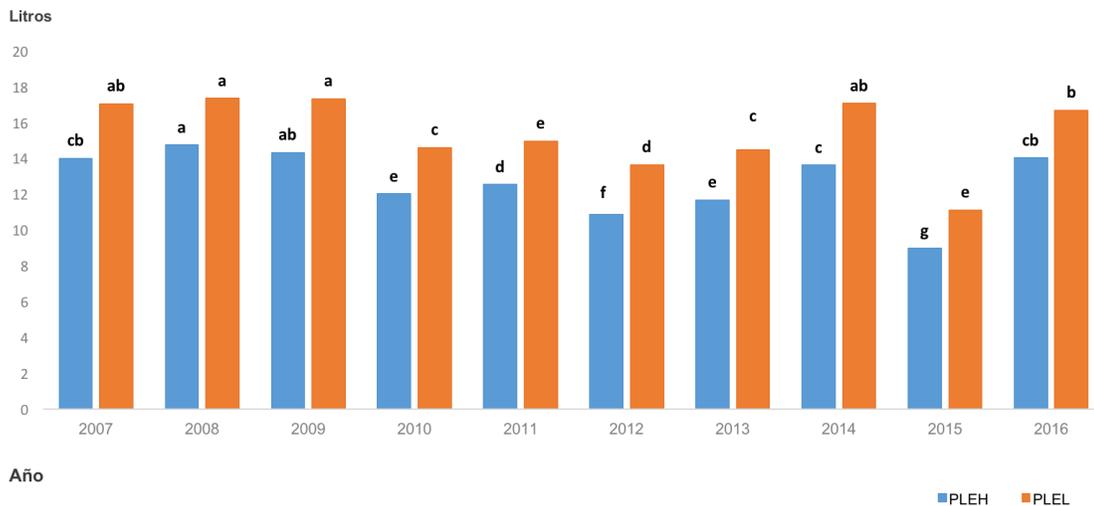


Figura 1. Producción en litros de leche por vaca en el hato (azul) y por vaca en línea de ordeño (naranja). PLEH producción de leche en hato y PLEL producción de litros de leche en línea.

PLEH (producción de litros de leche en hato).

a, b, c, d, e, f, g medias con distinta literal en la barra son diferentes ($p < 0.05$)

EEM= (El error estándar de la media) para PLEH (0.1074)

PLEL (producción de litros de leche en línea).

a, b, c, d, e, medias con distinta literal en la barra son diferentes ($p < 0.05$)

EEM= para PLEL (0.1293).

De acuerdo a la figura 2, los años con mayor eficiencia en la producción de leche fueron 2007, 2008 y 2009, y esto también coincide con un aporte de inclusión de la pradera de 79 a 80%, debido al porcentaje de Holstein que predomina en el hato y a que son los años donde menor número de vacas en el hato, del 2010 al 2011 se observó una tendencia a incrementar en la producción total de leche, a pesar de que en estos años la producción individual (vaca/hato) disminuye respecto a los años anteriores, el número de vacas aumenta y el porcentaje de inclusión de la complementación disminuye, por consecuencia el aporte de pradera aumenta a 85%, para después en el año 2012 disminuir, lo que coincide con una disminución en la producción individual por hato, para el 2013 aumenta ligeramente y el porcentaje de inclusión de la complementación aumenta con respecto al año anterior de 15.1 a 50.3 % y para el 2014 se presentó una fuerte caída en la producción total por año y hubo una disminución en la cantidad de vacas totales

respecto al año anterior de 60 vacas a 40, para después empezar a aumentar hasta 2015 y repuntar en 2016, el número de vacas aumenta y el nivel de complementación está por arriba de 50%.

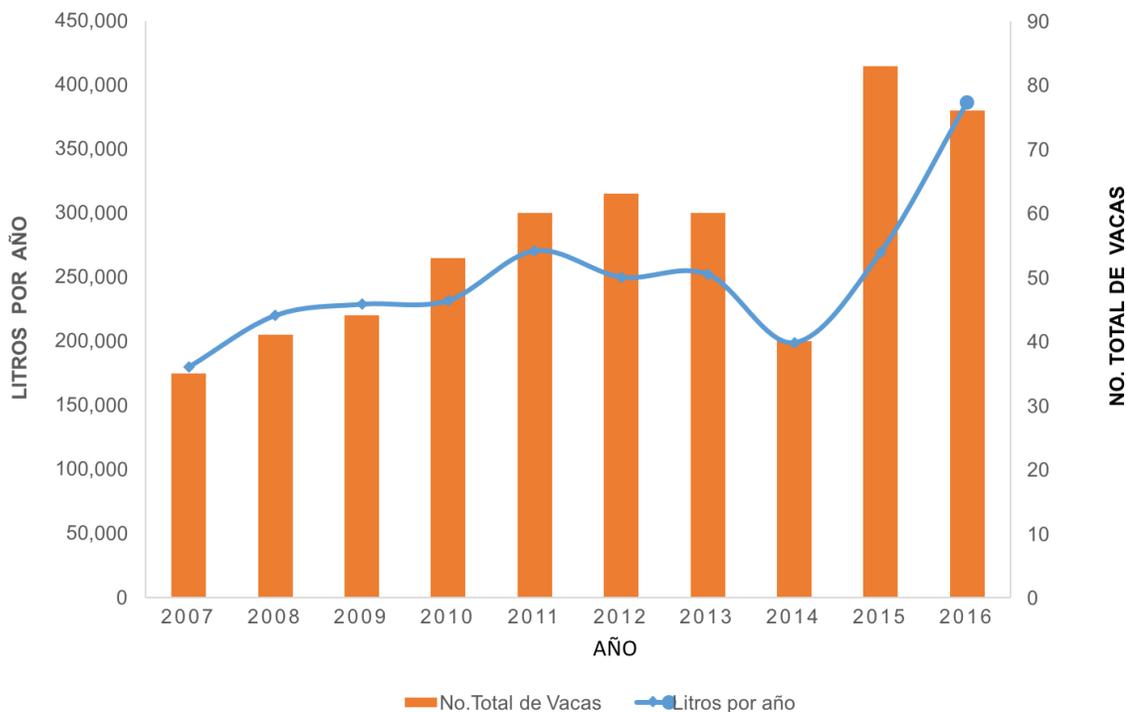


Figura 2. Relación entre producción de leche y número total de vacas del hato del CEIEPAA, del año 2007 al 2016.

La figura 3, muestra la relación entre el consumo de materia seca (MS) y los litros de leche producidos por vaca y día por hato, en esta gráfica se muestra que a partir de 2012 el aporte de la pradera en la producción de leche fue disminuyendo, lo cual sugiere el motivo del uso de complementos (forraje henificado y alimento balanceado comercial) en cantidades que superaron 50% de las necesidades de MS de la vaca por día (cuadro 7). Cualquier modelo de producción en condiciones de pastoreo debe considerar la complementación de la dieta como una herramienta estratégica para resolver posible disponibilidad de forraje, en un periodo determinado o durante una determinada época del año, es decir incrementar la

producción de leche mejorando la alimentación en cuanto a cantidad y calidad que se ofrece durante épocas de escasas de forraje, principalmente en la temporada invernal. La complementación es de mucha utilidad para mantener al ganado cubriendo sus requerimientos de consumo. Además, es recomendable que la complementación se reduzca durante las temporadas de altos crecimientos de forraje (para que las vacas cosechen más), y por supuesto cuando el precio pagado por litro de leche sea bajo (Holmes, *et al.*, 2002).

Los valores de consumo de la pradera en relación con los litros de leche producidos diario en promedio por vaca en el hato coinciden con los años en los cuales mayor eficiencia de producción de leche hubo (gráfica 2). En el año 2010 hubo un ligero aumento en el consumo de materia seca aportada por la pradera pero un bajo rendimiento, que se mantiene para el 2011 y 2012, se registró una caída en el consumo de pradera en el año 2013 y 2014 y los litros de leche producidos por vaca en hato tienen una tendencia ligera a ir aumentando hasta el año 2014, por el nivel de complementación, en el año 2015 hubo un ligero aumento en el consumo de pradera, sin embargo la producción de leche en hato tuvo su valor más bajo en el periodo de estudio, esto por el motivo ya explicado de desecho de animales. Para el año 2016 la producción de leche en hato vuelve a repuntar debido al uso de complementación en la dieta.

Los valores de producción de leche están por debajo de lo que se puede alcanzar en pastoreo, según se reporta en la literatura especializada la cual indica que, en un sistema en pastoreo se puede alcanzar una producción de 19.1 kg/vaca/d⁻¹ (sin ningún complemento) y 29.9 kg/vaca/día⁻¹ (con alimento balanceado como complemento) (Bargo *et al.*, 2003 citado por Ramírez *et al.*, 2011). La pradera del periodo estudiado, estuvo compuesta principalmente por alfalfa y aunque la dieta contaba con un bajo porcentaje de complementación en los primeros años, se observa que en condiciones de pastoreo total se pueden alcanzar valores similares a los de este estudio, Comeron *et al.* (1995) evaluaron la producción de leche en 18 vacas divididas en 3 grupos, en pasturas de alfalfa a varias asignaciones de 10,

20 y 30 kg/MS/día respectivamente, sin complementación; los resultados fueron 14, 17 y 19.2 L de leche por día, los dos primeros resultados son similares a los litros de leche en línea que se obtuvieron en el periodo estudiado, el último se encuentra por arriba. Lo anterior se puede deber a que es un hato que solo ha ido creciendo en número de cabezas y no existe una selección dirigida al mejoramiento genético o a los cambios en la alimentación. Si se complementa a las vacas que se están ordeñando, es de esperarse que esté plenamente justificado en términos de lograr incrementos en la producción y calidad de la leche, incremento de la fertilidad durante el manejo reproductivo (modelos de producción estacional), o para cubrir deficiencias en la oferta de MS, ocasionadas por bajos crecimientos de la pradera durante épocas difíciles (temporada invernal o sequía prolongada).

Por otro lado, la carga animal más alta se encontró en los años 2007 a 2009 lo que coincide con la mayor eficiencia de producción de leche en litros en línea. El año 2014 a pesar de que tiene una baja carga animal se ubicó dentro de los años con mayor cantidad de litros en línea, lo que se le puede atribuir al mayor porcentaje de inclusión de alimento balanceado.

En un modelo pastoril, se busca la rentabilidad a través de incrementar al máximo el consumo de MS procedente de la cosecha en la pradera, ya que en la medida en que se incremente el consumo de complementos, los beneficios del pastoreo se van diluyendo de manera proporcional, en primer lugar por el incremento en el costo de la alimentación, después por aumentar el costo de la mano de obra por concepto de suministrar el complemento e incremento en el tiempo de limpieza en corrales para complementar a las vacas. El costo del riego en la pradera en estos sistemas de producción es una amortización que debe hacerse y hay que considerar que este garantiza forraje todo el año.

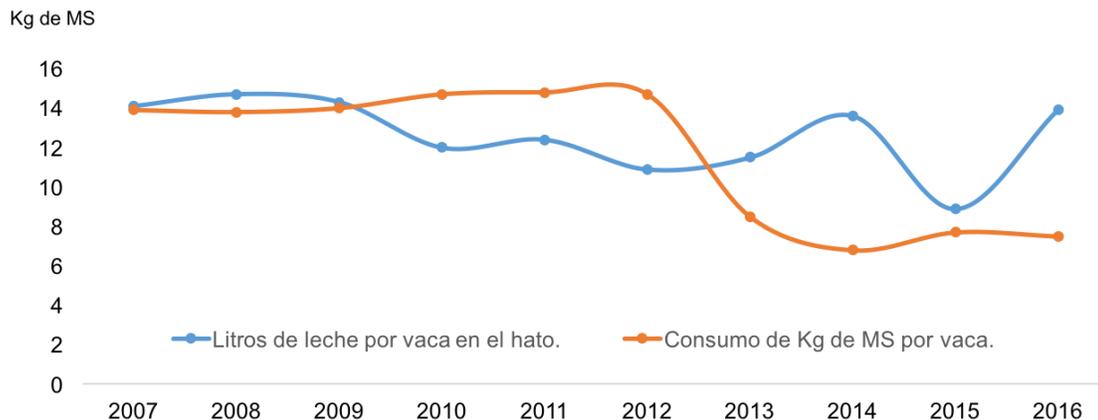


Figura 3. Relación de MS de la pradera y litros de leche producidos por día por vaca del CEIEPAA, en el periodo 2007-2016.

6.1.10 Destino de la leche que se produce con ganado en pastoreo.

El total de leche producida durante el periodo de evaluación (2007-2016) fue de 2, 487,840 litros y como se muestra en el cuadro 12 el destino de la producción pudo ser en cualquiera de los siguientes rubros; envío a la planta de lácteos para su procesamiento, consumo interno para alimentación de crías y las ventas al mayoreo y menudeo. De los rubros anteriores, fue la venta al mayoreo (queseros) la que mayor porcentaje represento (88.2%), seguido por el procesamiento en planta de lácteos (6.1%) lo cual representa un mínimo aprovechamiento de la leche producida, ya que el destino final de la leche que se produce en un sistema pastoril debe ser dirigida hacia cualquier destino que represente más ganancia para el productor. En Nueva Zelanda como en otros países con sistemas pastoriles y que aplica alta tecnología en sus procesos productivos, la cantidad de leche que destinan al consumo de su población es muy bajo, puede representar desde 4 a 8% del total de la leche producida en el país, para el caso de Nueva Zelanda el porcentaje restante (95%) se destina a la industrialización de diversos productos como son la elaboración de quesos, la deshidratación en leche entera en polvo y leche descremada en polvo, lo que representa el principal producto de exportación

a los mercados de la leche en el mundo. Las exportaciones neozelandesas de leche y sus derivados en 2016 representaron 18% del total de bienes y servicios exportados (DCANZ, 2018).

Cuadro 12. Destino de leche producida, litros por año y entre paréntesis el porcentaje que representó

Año	TOTAL Litros/ año	Planta de lácteos	Venta mayoreo	Venta Menudeo	Consumo de crías
2007	179,945	1005 (0.6)	171583 (95.4)	696 (0.4)	6661 (3.7)
2008	220,095	345 (0.2)	213013 (96.8)	1383 (0.6)	5354 (2.4)
2009	228,855	260 (0.1)	213735 (93.4)	8290 (3.6)	6570 (2.9)
2010	231,775	185 (0.1)	222307 (95.9)	2599 (1.1)	6684 (2.9)
2011	270,465	115 (0.1)	263142 (97.3)	0	7208 (2.7)
2012	250,025	41512 (16.6)	187910 (75.2)	0	20603 (8.2)
2013	252,215	28497 (11.3)	213920 (84.8)	464 (0.2)	9334 (3.7)
2014	198,925	38943 (19.6)	149258 (75.0)	0	10724 (5.4)
2015	269,370	3870 (1.4)	249948 (92.8)	4188 (1.6)	11364 (4.2)
2016	386,170	37804 (9.8)	308236 (79.8)	29455 (7.6)	10675 (2.8)
Total	2,487,840	152,536	2,193,052	47,075	95,177
%		6.1	88.2	1.9	3.8

Litros enviado al área de bovinos cárnicos: Para amamantar crías huérfanas (solo en 2007 con 48 y 2010 con 8 litros) representó 0.03% del total de leche producida en esos años.

*Entre paréntesis el porcentaje que representó cada rubro del total de leche producida para cada año.

6.1.11 Pruebas de calidad fisicoquímica.

Los datos de los resultados de las pruebas de calidad de leche se obtuvieron de los registros del laboratorio de Ciencia de la Leche ubicado dentro de la Unidad de Servicios de Diagnóstico y Constatación (USEDICO) dentro de las instalaciones del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión de Producción Animal en Altiplano (CEIEPAA). Los resultados de las pruebas de control de calidad se comparan con las normas mexicanas, específicamente a la NMX-F-700-COFOCALEC 2012.

Las pruebas que se llevaron a cabo durante el periodo que abarca esta revisión de estudio para el rubro de calidad fisicoquímica, fueron las siguientes : densidad, grasa, sólidos no grasos y sólidos totales y lactosa y proteína. Los resultados se muestran a continuación y las técnicas se detallan en los Anexos..

6.1.11.1 Determinación de la densidad.

Para realizar esta prueba durante los años que abarca este análisis se utilizó el método de determinación de la densidad con lactodensímetro, se realizó de acuerdo a la NMX-F-737-COFOCALEC-2010 ver anexo I.

No se observaron diferencias ($p > 0.05$) en las medias de la prueba de densidad para cada año. Los valores de densidad están dentro de un rango que va de 1.0312 a 1.0338 g/ml, en el periodo estudiado. El año donde se registró un mayor valor fue el 2012 y en este año también los sólidos no grasos aumentaron con respecto al año anterior, el valor menor se mostró en el año 2016 y se puede relacionar con que los niveles de complementación eran por arriba de 50%; estos valores están por arriba de 1.0295 g/ml que es el mínimo que establece la NMX-700-COFOCALEC-2012. Esto puede explicarse porque la densidad de la leche depende de la proporción de grasa y otros componentes con respecto al agua, si la grasa es menos densa que

el agua, cuando el contenido de grasa en la leche aumenta, su densidad disminuye; en cambio, cuando el contenido de sólidos no grasos de la leche aumentan, su densidad aumenta (Moncada y Pelayo, 2011). La grasa es el principal componente que se ve alterado con los cambios en la alimentación.

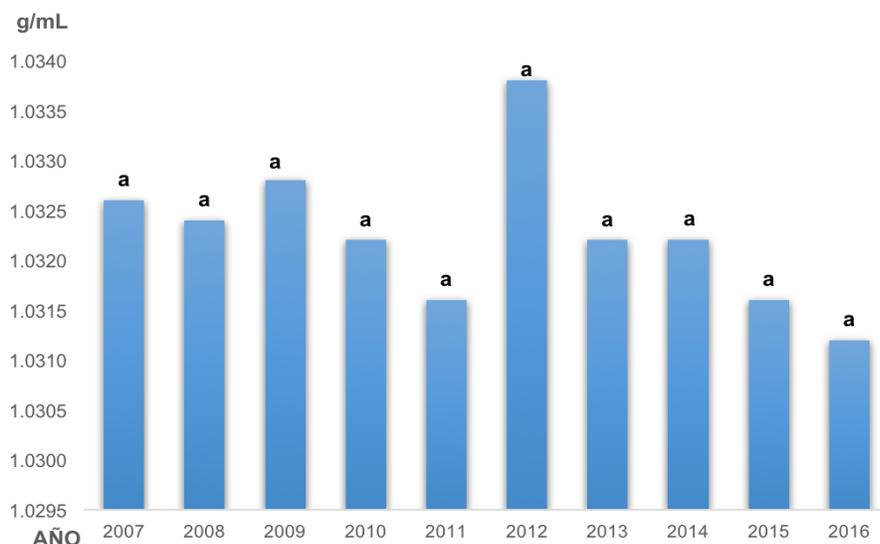


Figura 4. Densidad de la leche de vaca bajo condiciones de pastoreo del año 2007 al 2016 en el CEIPAA.

EEM= (0.0007)

6.1.11.2 Grasa.

En el año 2007 se realizó únicamente la determinación de grasa en leche por el método de Gerber (ver anexo II).

Se observó diferencia ($p < 0.05$) en el contenido de grasa en la leche, los valores van desde 37.36 g/L para el año 2007 y con variaciones en el periodo de estudio, hasta llegar a 44.46 g/L en el año 2016. En 2013 se observa una baja en la cantidad de grasa promedio, debido probablemente a dificultades en el manejo general del hato

(alimentación y falta de pariciones frecuentes), en este año el porcentaje de inclusión de la complementación aumenta hasta 50.5% y por consecuencia el aporte de pradera disminuye de 85% en 2012 a 49.1% en el 2013. Todos los valores de grasa en leche durante el periodo estudiado rebasan el límite máximo de la NMX-700-COFOCALEC-2012, la que clasifica a la leche de este periodo dentro de la Clase A. Estos valores están dados probablemente por dos factores uno es la alimentación que se compone principalmente de alfalfa y el otro son los componentes raciales del hato. Es de esperarse que los valores de grasa tengan un valor medio entre 34 g/L y 52 g/L que son los porcentajes en leche para Holstein y Jersey respectivamente (Manterola, 2007). Los resultados pueden compararse con un estudio realizado por Baudracco *et al.* (2011) donde evaluaron la composición de la leche de vacas cruce de Holstein y Jersey que pastoreaban praderas de alfalfa, reportando valores de 38.9, 39.3 y 40.3 g/L, aunque el último valor es superado en este estudio, en los años 2010 (40.61g/L), 2011 (40.56g/L), 2014 (43.07 g/L), 2015 (42.67 g/L) y 2016 (44.46 g/L), respectivamente esto probablemente debido a que el porcentaje racial de cruza y Jersey para estos años va aumentando y los años con mayor producción de grasa (2014 a 2016) fueron cuando las vacas recibieron mayores cantidades de complemento con base a la inclusión de ensilado de maíz, a lo cual se le atribuyen esos cambios (gráfica 3 y cuadro 7).

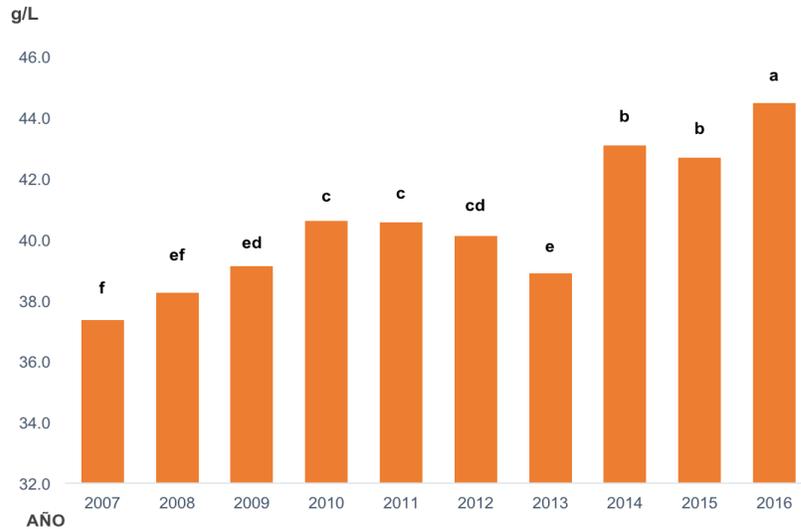


Figura 5. Cantidad de grasa butírica, promedio anual (g/L) de leche de vaca bajo condiciones de pastoreo del año 2007 al 2016 en el CEIEPAA.

a, b, c, d, e, f medias con distinta literal en la barra son diferentes ($p < 0.05$); EEM= (0.2424).

6.1.11.3 Sólidos no grasos y sólidos totales

La medición de sólidos no grasos y sólidos totales se llevó a cabo con un MilkoScan® Minor, con el que además de grasa también se determinan proteína y lactosa. MilkoScan® Minor, utiliza la tecnología por espectroscopia de infrarrojo que permite obtener resultados inmediatos. El análisis de leche cruda por este método está basado en la absorción de energía de infrarrojo a longitudes de onda específicas (NMX-700-COFOCALEC-2012). El procedimiento se realiza de acuerdo a la NMX-F-708-COFOCALEC-2004 (ver anexo IV).

Se observó diferencia ($p < 0.05$) en el contenido de sólidos no grasos en el periodo de 2007 a 2016, siendo 93.19 g/L el valor más alto en el año 2007 y el valor más bajo 85.78 g/L en el año 2010. Todos los valores en el periodo estudiado están por arriba del mínimo que indica la norma, que es 83 g/L. Esto se puede deber probablemente a la composición del hato, ya que esta reportado que la raza Jersey es una de las que más porcentaje de sólidos no grasos produce (NRC, 1988). Otro factor que puede incluir en este caso es la alimentación, ya que esta puede modificar

significativamente el volumen como la concentración de nutrientes. El aporte de energía del alimento es uno de los factores que puede manipular el porcentaje de proteína en leche, aunque no es tan importante como el factor genético, cuando se aumenta el porcentaje de energía en la dieta, se produce un aumento de porcentaje de proteína en leche (Manterola, 2007).

Se observó diferencia significativa ($p < 0.05$) en el contenido de sólidos totales, el valor más alto se registró en el año 2016 (137.08 g/L) y el valor mínimo en el año 2010 (126.39 g/L). Los dos primeros años 2007 y 2008 se obtuvieron valores muy similares, después hubo una ligera disminución en el año 2009, 2010 y 2011. En el año 2012 los valores fueron superiores a los primeros dos años de estudio y de ahí fue incrementando hasta llegar al valor máximo del periodo estudiado en el 2016. Los sólidos totales son la suma de sólidos grasos y sólidos no grasos, por lo que todos los factores que afecten a estos, afectaran la cantidad de sólidos totales.

La raza Holstein puede ser más eficiente en la producción de litros por hectárea, pero la raza Jersey o la cruce, será más eficiente en la producción de kilos de sólidos por hectárea por lo que dentro de cada raza el factor genético es el más importante, la alimentación tiene una pequeña participación en el porcentaje de proteína en la leche, por lo que el aporte de proteína en la dieta no provocara cambios significativos en la proteína de la leche. Un aspecto de importancia es que la proteína microbiana es la mayor y principal fuente de aminoácidos esenciales, el aumento en energía disponible para la síntesis microbiana determinará un mayor aporte de proteína metabolizable, lo que resultara en proteína láctea. Por otro lado las acciones en el ordeño influyen en los volúmenes y concentraciones de sólidos lácteos, si esta se altera y provoca estrés en las vacas se liberan catecolaminas que redirigen el flujo de nutrientes (Manterola, 2007).

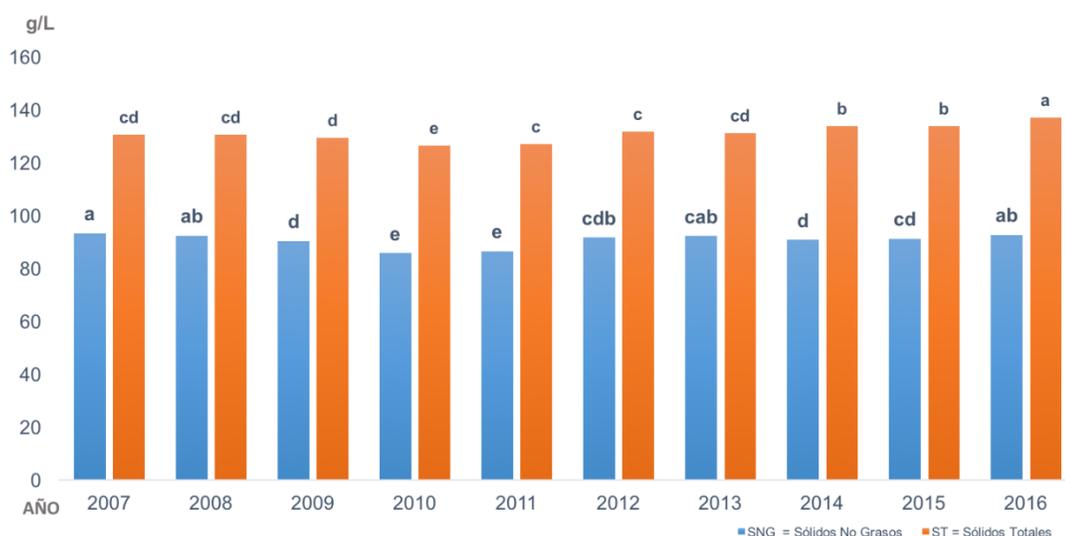


Figura 6. Sólidos lácteos no grasos y totales, promedio anual (g/L) en leche de vaca bajo condiciones de pastoreo del año 2007 al 2016 en el CEIEPAA.

a, b, c, d, e medias con distinta literal en la barra son diferentes ($p < 0.05$).

EEM= para SNG (0.2695)

a, b, c, d, e medias con distinta literal en la barra son diferentes ($p < 0.05$).

EEM= para ST (0.3643).

6.1.11.4 Lactosa y proteína.

Los valores de lactosa presentaron diferencia ($p < 0.05$) durante el periodo estudiado, 45.57g/L fue el valor más bajo y se observó en el año 2007 y el valor más alto se observó en el año 2015 y fue de 49.53 g/L. Todos están dentro del rango que establece la NMX-700-COFOCALEC-2012 (43 a 50g/L). Los valores de lactosa en realidad son muy estables aunque tuvieron pequeñas tendencias a disminuir en el 2010 y 2011, a partir del 2012 siguió en aumento hasta el último año del estudio, estos cambios podrían ser por la proporción de alimento balanceado que se les da a las vacas en estos años. El valor de lactosa es el principal agente osmolar de la leche y es por esto que es muy estable. Estos resultados se pueden comparar con los del estudio realizado por McDonald *et al.* (2017), donde los valores de lactosa que reportaron son también poco variables y van desde 48.3 g/L hasta 49.2 g/L.

Se observó diferencia ($p < 0.05$) en el contenido de proteína en leche durante el periodo estudiado. 32.33 g/L fue el valor más bajo en el año 2007 y 35.54 g/L el valor más alto en el año 2016, esto debido al manejo de la dieta y al incremento en el uso de complementos, la tendencia de la proteína también fue a incrementar. La NMX-700-COFOCALEC-2012 indica que para que la leche este dentro de la clasificación Clase A, debe contener 31 g/L o más, lo que se cumple durante todo el periodo de este estudio. Baudracco *et al.* (2011), midieron la proteína en leche, y reportaron: 35.7 g/L, 35.8 g/L y 35.9 g/L, no son similares con los valores en este estudio para el periodo estudiado excepto para el último año del estudio, esto puede ser explicado, por las diferencias en la complementación. Por otro lado también pueden existir diferencias por la calidad del forraje. Un forraje con mayor cantidad de proteína puede generar un leve aumento en la proteína láctea (Saborío, 2011) y otro factor puede ser el uso de alimento balanceado.

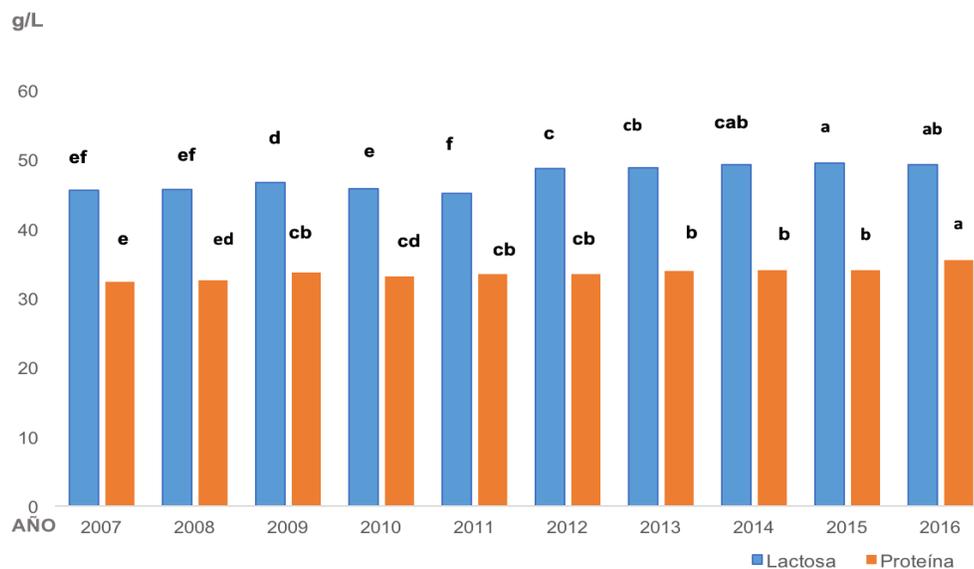


Figura 7. Lactosa y Proteína, promedio anual (g/L) en leche de vaca bajo condiciones de pastoreo del año 2007 al 2016 en el CEIEPAA.

a, b, c, d, e, f medias con distinta literal en la barra son diferentes ($p < 0.05$).

EEM= para Lactosa (0.1206)

a, b, c, d medias con distinta literal en la barra son diferentes ($p < 0.05$).

EEM= para Proteína (0.1630).

6.1.12 Pruebas de calidad sanitaria

Las pruebas que se llevaron a cabo durante el periodo que abarca esta revisión de estudio para el rubro de calidad sanitaria, fueron las siguientes: determinación de bacterias mesofílicas aerobias y células somáticas en tanque. Los resultados se muestran a continuación.

6.1.12.1 Bacterias mesofílicas aerobias.

Esta prueba se utiliza cuando se requiere investigar el contenido de microorganismos viables en un alimento, refleja si el manejo sanitario de la leche ha sido adecuado.

La prueba durante el periodo que comprende el estudio, se llevó a cabo por el método determinación de grupos indicadores recuento de colonias con el método comercial SimPlate® Recuento Total – Indicador de Color. Un método aprobado por la NMX-F-717-COFOCALEC-2015 (ver anexo V)

No se observó diferencia ($p > 0.05$) en la cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias. El valor más alto se presentó en el año 2009 (34,829 UFC/mL) y el más bajo en el año 2007 (7,786 UFC/mL). Del año 2008 al 2009 se registró una diferencia muy marcada en la cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias, esto debido a que en el año 2008 se empezó a utilizar el “autorotor” (carrusel) y hubo un periodo de adaptación por parte de los ordeñadores, ya que son los encargados de preparar a las vacas y de la limpieza del equipo de ordeño. Todos los resultados están por debajo de 100 000 UFC/mL que es lo mínimo permitido por la NMX-700-COFOCALEC-2012, la que clasifica a la leche de este periodo como Clase 1.

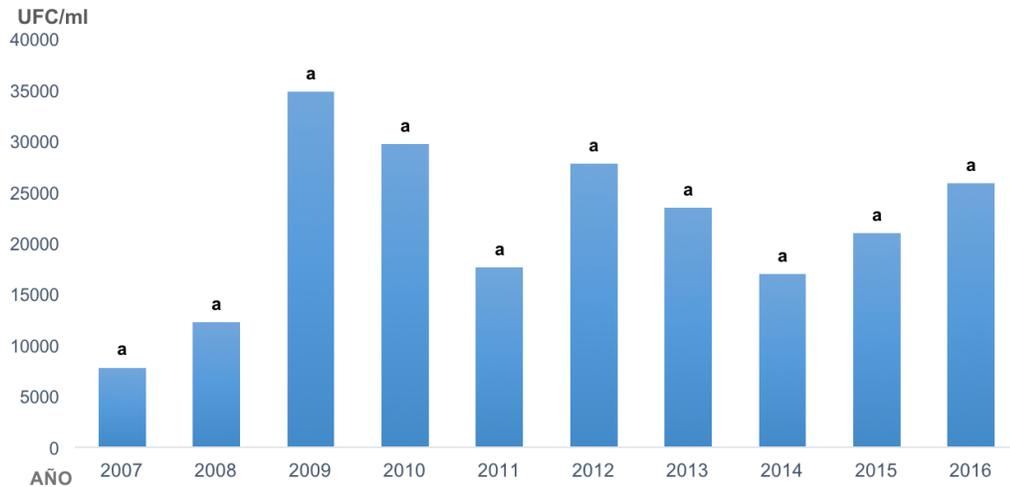


Figura 8. Cuanta total de bacterias mesófilas aerobias, promedio anual (UFC/ml) en leche de vaca bajo condiciones de pastoreo del año 2007 al 2016 en el CEIEPAA.

EEM=(11,909.99).

6.1.12.2 Células somáticas en tanque.

En el año 2007 esta prueba se realizó por la prueba de Wisconsin (ver anexo VI). La prueba de Wisconsin fue diseñada para estimar el contenido de células somáticas de muestras de leche de tanques de enfriamiento, así como para el muestreo de vacas individuales.

Para el año 2008 no se tiene registro de los resultados de la recuento de células somáticas, ya que no se realizaba por cuestiones administrativas, en ese momento no se contaba con ningún método para realizarla, sin embargo si eran monitoreadas mensualmente mediante pruebas de California y no se tuvo evidencia documental en los registros que se revisaron para este trabajo de tesis. Del año 2009 al 2016 la prueba se realizó con un contador de células óptico DeLaval DCC ® (ver anexo VII).

Se observó diferencia ($p < 0.05$) en el número de células somáticas por mililitro en leche en tanque de almacenamiento. El valor más alto se presentó en el año 2011, (230 318 CCS/ml) mientras que el valor más bajo en el año 2007 (26 289 CCS/ml) (excluyendo el año 2008 del que no se tienen resultados). Los valores tienden a ir

en ascenso, lo anterior probablemente comprende una serie de factores. Los valores del periodo estudiado están por debajo de 400 000 CCS/mL lo que establece la NMX-700-COFOCALEC-2012, de acuerdo a esto la leche se clasifica en Clase 1.

En un estudio realizado por Van *et al.* (2014) con vacas, 57 Jersey divididas en 3 grupos en un sistema en confinamiento, que fueron alimentadas con heno de alfalfa de calidad grado 2 (17.9 kg/MS/día), el número de células somáticas es de 293, 000 CCS/ml, lo que es un valor elevado con respecto al periodo estudiado en esta tesis, esto probablemente por el tipo de producción y la calidad del forraje. En otro estudio realizado por Cicconi-Hogan *et al.* (2013), donde compararon tres modelos de producción: 1) confinamiento, 2) pastoreo y 3) orgánico; el menor número de células somáticas lo tiene el modelo en pastoreo, sin embargo los autores afirman que el modelo de producción no es un factor determinante en el recuento de células somáticas bajo.

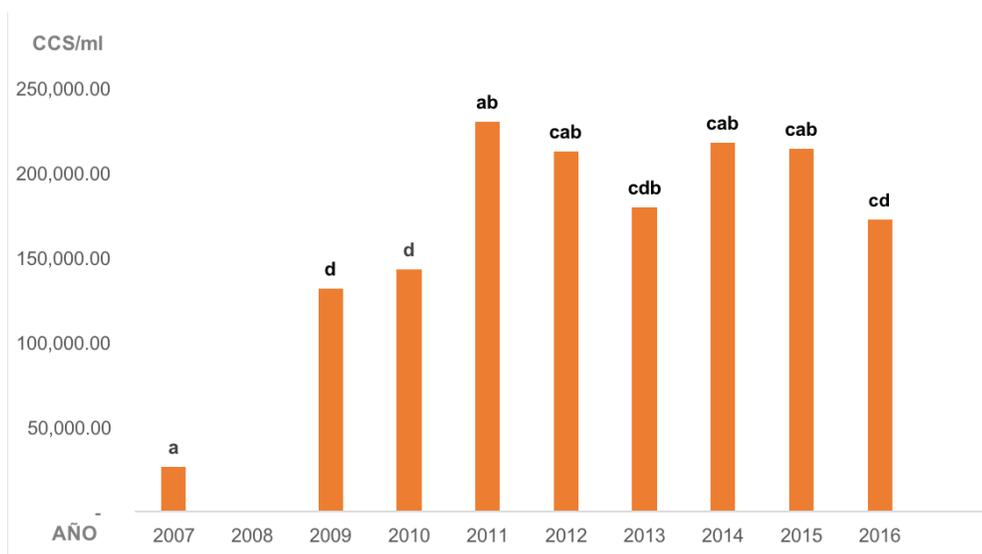


Figura 9. Cuenta de células somáticas, promedio anual (CCS/mL) en leche de vaca bajo condiciones de pastoreo del año 2007 al 2016 en el CEIEPAA.

a, b, c, d Medias con distinta literal en la barra son diferentes ($p < 0.05$).
EEM= (12 709.55).

7. CONCLUSIÓN

En base a la información obtenida se concluye:

El objetivo del trabajo se cumplió, ya que la información que se obtuvo fue suficiente para mostrar el comportamiento productivo del hato en cuanto a producción y calidad de la leche, sin embargo no es suficiente para establecer una interacción entre la cantidad y calidad del alimento que se ofrece al ganado productor de leche en pastoreo.

En el análisis que se realizó en esta tesis se observó una ventaja de este modelo en pastoreo que indica que las vacas en las condiciones que se describen fueron capaces de producir leche con calidad superior a las exigencias mínimas que las normas oficiales especifican en cuanto a las características fisicoquímicas y sanitarias durante todos los años que abarco el estudio. El grupo genético, la alimentación, el medio ambiente y la forma en la que la vaca interactúa con este influye en la cantidad y calidad de la leche y esto se ve reflejado principalmente en el contenido de grasa y en la cantidad de litros de leche producidos, que aun con variaciones, van incrementado en el periodo de estudio.

La prueba de densidad mostró un panorama general del contenido de sólidos totales de la leche durante todo el periodo estudiado, y siempre estuvo por arriba de lo que indica la NMX-700- 2012 de COFOCALEC para leche cruda, en cuanto a sólidos totales, (principalmente grasa y proteína) los valores rebasaron las especificaciones de la norma durante todo el periodo de estudio, por lo que la se clasifica como clase A, según la norma mexicana de COFOCALEC. Por otra parte en la cuenta de células somáticas y la cuenta de bacterias mesófilas aerobias, la leche se clasifica como Clase 1, según la NMX-700-COFOCALEC-2012, los principales cambios de esta última se adjudican principalmente a un periodo de adaptación por parte del personal a la limpieza de esta área y a la zona donde se alojan las vacas.

En cuanto a la producción de leche total se pudo observar un incremento progresivo, a través de los años con una severa caída en el año 2014, para volver a incrementarse en los siguientes años. La producción en litros de leche por vaca en hato tuvo variaciones, con caídas hasta niveles por debajo de 9 litros por vaca por día y recibiendo más complementación a través de los años hasta alcanzar niveles de más de 60% de la inclusión en la dieta por vaca. Bajo el esquema de producción en pastoreo es posible mejorar la cantidad de leche producida, cuidando todos los aspectos que esto involucra; programa de reproducción, selección dirigida, alimentación, sanidad y por último el aspecto económico que es el más importante para el productor.

A pesar de la excelente calidad de la leche obtenida de este hato, su destino principal son las ventas a terceros, por lo que no se le está aprovechando para su transformación, y se pierde la oportunidad de obtener un beneficio económico de ella, es un aspecto que debe ser considerado para próximas investigaciones y ser analizado para que la leche se destine hacia donde genere más ganancias.

Se considera que aunque este estudio retrospectivo de un modelo de pastoreo tecnificado, abarcó un amplio periodo (10 años), es solo un ejemplo de lo que se puede obtener bajo condiciones como se describieron, sin embargo tan solo se presenta una serie de experiencias que pudieran ser de utilidad. Por esa razón es necesario obtener mayor información de otras unidades de producción, que por razones entendibles puedan tener grandes diferencias en las prácticas de manejo de hato, administración de recursos y por supuesto las decisiones de comercialización o destino final de la leche. Finalmente se sugiere realizar un estudio económico para conocer el costo de producción y así tener evidencia de los beneficios económicos del sistema descrito, incluyendo otras variables que determinan la eficiencia productiva de un modelo productivo como aspectos de salud, selección genética y manejo reproductivo del hato.

8. ANEXOS

ANEXO I

PRUEBA PARA LA DETERMINACIÓN DE DENSIDAD EN LECHE DE VACA CON LACTODENSÍMETRO

La densidad de la leche es el resultado de la suma de las diferentes densidades de sus componentes, entonces depende de la cantidad de cada uno de estos, que se encuentran en disolución o suspensión, y de las variaciones que estos puedan tener (Ueda, 1999). Cuando el contenido de grasa en leche aumenta la densidad disminuye y cuando los sólidos no grasos de la leche aumentan, la densidad también se incrementa (NMX-700-COFOCALEC-2012).

Material

Probeta de vidrio o de plástico de 250 o 500 ml

Un lactodensímetro con termómetro, termómetro de escala corta (0° a 50°C).

Procedimiento

Se agita la muestra hasta homogeneizarla, se vacía la cantidad suficiente de muestra en la probeta, manteniéndola inclinada (en un ángulo de 45°) para evitar la formación de espuma, colocar la probeta sobre una superficie plana. Se sujeta el lactodensímetro por la parte superior y se introduce en el centro de la probeta dándole un giro. Una vez que el lactodensímetro permanece estático se dejan pasar 30 segundos y a continuación se registra la lectura de la temperatura y de la densidad. Los resultados deben expresarse en g/ml a 15°C, si la leche tiene la temperatura menor a 15°C restar 0.0002 por cada grado menor y si la temperatura es mayor a 15°C sumar 0.0002 por cada grado arriba de esta temperatura.

Este método se realiza de acuerdo a la NMX-F-737-COFOCALEC-2010, con una modificación, la norma indica que la muestra debe calentarse antes y enfriarse, procedimiento que no se realiza en el método mencionado, en el laboratorio de USEDICO.

ANEXO II

MÉTODO DE GERBER

Este método consiste en separar la grasa con el empleo de ácido sulfúrico y alcohol amílico, además de la fuerza de la centrifuga dentro de un recipiente medidor, llamado butirómetro, de dimensiones estandarizadas y donde puede medir el volumen en porcentaje de grasa por volumen. El butirómetro debe estar completamente limpio y sobre todo libre de restos de grasa (García *et al.*, 2013). El ácido sulfúrico oxida e hidroliza los componentes orgánicos de la envoltura protectora de los glóbulos de grasa, las fracciones de las albuminas de leche y la lactosa. Por otra parte, la adición de alcohol isoamílico (2-metilbutanol) facilita la separación de la grasa y, al final, resulta una línea divisoria clara entre la grasa y la solución ácida (García *et al.*, 2013).

Procedimiento

Para su determinación, se colocan 10 ml de ácido sulfúrico al 90-91% en un butirómetro y se agregan 11 ml de leche mediante una pipeta aforada lentamente para que no se mezclen. A continuación, se agrega 1 ml de alcohol isoamílico medido con una pipeta aforada y se cierra el butirómetro. Se agita enérgicamente hasta la total disolución de la fase proteica de la leche. Se sumerge en un baño de agua a 65°C durante 5 min. para que la reacción sea lo más completa posible. Finalmente, se centrifuga durante 5 min. y el resultado se lee directamente en la escala del butirómetro (Armas, 2017).

ANEXO III

MÉTODO DE KJELDAHL

Este método mide el contenido en nitrógeno de una muestra. El contenido en proteína se puede calcular, presuponiendo una proporción entre la proteína y el nitrógeno para el alimento específico que está siendo analizado. Según García y Fernández (2012), puede ser dividido, básicamente en 3 etapas: digestión, destilación y titulación.

- 1) **Etapas de digestión:** Se introducen de 1 a 5 g de muestra un tubo de digestión y se ponen 3 g de catalizador que suele estar constituido por una mezcla de sales de cobre, potasio o/y óxido de selenio. Después se adicionan 10 ml de H_2SO_4 (ácido sulfúrico) concentrado y 5 ml de H_2O_2 (peróxido de hidrógeno). Posteriormente se digiere a 420 °C durante un tiempo, que depende de la cantidad y tipo de muestra. Se sabe que la digestión ha terminado porque la disolución adquiere un color verde esmeralda característico. En esta etapa, el nitrógeno proteico es transformado en sulfato de amonio por acción del ácido sulfúrico en caliente. En la actualidad, para llevar a cabo este proceso se utilizan digestores automáticos que son capaces de digerir un número determinado de muestras al mismo tiempo
- 2) **Etapas de destilación:** Después de enfriar se adicionan al tubo de digestión 50 ml de agua destilada, se pone en el soporte del destilador y se adiciona 50 ml aproximadamente de hidróxido de sodio 10 N, para alcalinizar fuertemente el medio y así desplazar el amoníaco de las sales amónicas. El amoníaco liberado es arrastrado por el vapor de agua inyectado en el contenido del tubo durante la destilación, y se recoge sobre una disolución de ácido bórico (al 4 %).
- 3) **Etapas de titulación:**
La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza por medio de una

volumetría ácido-base del ión borato formato, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno. Una vez determinado el porcentaje de nitrógeno, se determina el porcentaje de proteína por una fórmula que utiliza un factor de conversión.

$$\% \text{Proteína} = 6.38 \times \% \text{N}$$

ANEXO IV

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS NO GRASOS, GRASA, PROTEÍNA Y LACTOSA

Este procedimiento comienza cuando el equipo MilkoScan® Minor se enciende, antes de iniciar se debe asegurar que el equipo haya ejecutado las funciones de limpieza y ajustes con una solución de flujo y una solución de limpieza.

Previo al análisis, se calienta la muestra que se encuentra en un recipiente de plástico, en un baño de agua hasta 40°C y se homogeneiza agitándola suavemente. La muestra debe encontrarse en condiciones adecuadas (libres de sangre, pus y partículas extrañas; sin separación de grasa; no coagulada) y de ser necesario debe ser filtrada.

ANEXO V

CUENTA TOTAL DE BACTERIAS MESÓFILAS AEROBIAS

Esta prueba debe realizarse todo el tiempo en condiciones de esterilidad, por eso se utilizó un mechero de gas con un campo de esterilidad de 20cm de diámetro, previo a la prueba se debe homogeneizar la muestra de leche, que se encuentra en un recipiente de vidrio con tapa, evitando la formación de espuma. Se toma 1ml de esta muestra con una pipeta y se deposita en el tubo que contiene 9 ml de diluyente (solución de fosfatos), mezclar en el tubo manualmente hasta homogeneizar. Transferir 1ml de esta primera dilución al siguiente tubo que contiene 9 ml de diluyente, así sucesivamente hasta llegar a la última dilución, para la leche cruda de vaca se le realiza hasta 3 diluciones en el CEIEPAA. Entre cada pase se debe utilizar una punta desechable que debe ser flameada, para no alterar y contaminar las diluciones.

Una vez realizadas las diluciones se debe hidratar el medio de cultivo, para posteriormente colocarlo en las cajas (placa SimPlate®) y ponerlo a incubar, únicamente se hidratan dos tubos con medio de cultivo ya que corresponden a las últimas dos diluciones.

El medio de cultivo se hidrata en 9 ml con agua destilada estéril, los tubos donde se encuentra se esterilizan con flama una vez abiertos. Este paso debe ser muy rápido procurando no alejarse del campo de esterilidad. Cuando al medio de cultivo se le agrega el diluyente se agita para homogeneizar y disolver totalmente y se transfiere 1 ml de las últimas dos diluciones ya homogenizadas a cada tubo con el medio de cultivo y se agita.

Una vez realizado lo anterior se retira la tapa de la placa SimPlate® y se vacía la solución medio/muestra (las últimas dos diluciones en el medio de cultivo) en el centro de la placa después se cierra la placa y sobre una superficie plana se agita suavemente en círculos con el fin de distribuir la mezcla del medio/muestra en todos

los pocillos de la placa. Las placas se incuban de acuerdo a la NOM-092-SSA1-1994, Bienes y Servicios, $35 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 48 ± 2 h. El color de los pocillos es diferente antes y después de que se incuben en las cajas, por esto es importante observar el color base antes de que se meten a la incubadora, ya que para la lectura se contarán todos aquellos pocillos que tengan un color distintivo al color base (Figura 1.). Los pocillos de distinto color se contabilizan y se utiliza la tabla de conversión de SimPlate® para determinar el número total de microorganismos por placa, este número se multiplica por la inversa de la dilución del plato, dando como resultado: unidades formadoras de colonias por mililitro. (UFC/ml).

Figura 1. Placa SimPlate®



Tomado de: DikenInternational®, 2016.

ANEXO VI

CUENTA DE CÉLULAS SOMÁTICAS POR LA PRUEBA DE WISCONSIN

La prueba consiste en utilizar un tubo graduado en milímetros en donde se depositan 2ml de leche y una mezcla de 2 ml de alquil-aril sulfato y púrpura de bromocresol con agua destilada en una proporción 1:1, ambas a temperatura ambiente. Enseguida se agita durante 10 seg., horizontalmente y de izquierda a derecha. Se deja reposar 10 seg. en una gradilla y posteriormente se invierten los tubos, en la gradilla durante otros 10 seg., una vez que transcurre este tiempo, los resultados se relacionan con la escala graduada en mililitros del tubo y su valor en células somáticas utilizando una tabla de interpretación específica para esta prueba. (Bedolla *et al.*, 2007), que se anexa a continuación.

Interpretación de prueba de Wisconsin.

Wisconsin (milímetros)	Células somáticas	Wisconsin (milímetros)	Células somáticas
3	140,000	24	1,200,000
4	165,000	25	1,200,000
5	195,000	26	1,360,000
6	225,000	27	1,440,000
7	260,000	28	1,525,000
8	300,000	29	1,610,000
9	340,000	30	1,700,000
10	380,000	31	1,800,000
11	420,000	32	1,920,000
12	465,000	33	2,030,000
13	515,000	34	2,180,000
14	565,000	35	2,280,000
15	620,000		
16	675,000		
17	730,000		
18	790,000		
19	855,000		
20	920,000		
21	990,000		
22	1,055,000		
23	1,130,000		

Fuente: Bedolla *et al.*, 2007

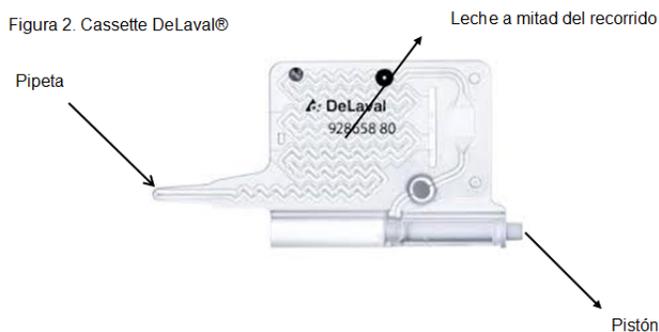
Anexo VII

CUENTA DE CÉLULAS SOMÁTICAS POR EL MEDIO DE CONTADOR DE CÉLULAS ÓPTICO

Procedimiento

Inicia cuando se enciende el contador de células óptico y se mezcla suavemente la muestra de leche, que se encuentra en un recipiente de vidrio con tapa, después se coloca la pipeta del Cassette DeLaval® en la muestra de leche y se presiona el pistón verificando que la muestra haya llegado hasta la mitad del recorrido del Cassette DeLaval®, una vez realizado lo anterior se coloca en el contador de células, se cierra la tapa y se oprime el botón “RUN”, cuando el contador se haya detenido se registra el conteo de células somáticas que aparece en la pantalla. Este contador tiene una cámara digital que hace fotografía a los núcleos de las células somáticas en el Cassette DeLaval® que está teñido con una tinción específica para ADN, de esta manera le es posible contar las células una a una (DeLaval, 2003).

Este método es comparado periódicamente con el método de referencia aprobado por la NMX-700-COFOCALEC-2012, para verificar que los resultados sean confiables.



Tomado de: DeLaval® 2015

ANEXO VIII

TÉCNICA DE MUESTREO DE ACUERDO A LA GUÍA BÁSICA PARA EFECTUAR EL MUESTREO DE LECHE CRUDA DEL CONSEJO PARA EL FOMENTO DE LA CALIDAD DE LECHE Y SUS DERIVADOS, A.C (COFOCALEC)

El personal que realiza el muestreo no tiene que tener infecciones ni heridas en la piel y en todo momento debe tener las uñas de las manos limpias y cortas. Utilizó camisa o bata blanca, cubre pelo y cubre boca. Antes del muestreo se lava las manos y se desinfecta con una torunda de alcohol.

Procedimiento

Con una torunda de etanol al 96% se moja el cucharón de muestreo, el cual es lavado con agua potable y jabón previamente, el cucharón es flameado y antes de tomar la muestra la leche del tanque de refrigeración se homogenizo por agitación mecánica durante cinco minutos, como lo indica la NMX-F-718-COFOCALEC-2006.

Para la muestra que se utiliza para la prueba de cuenta total de bacterias mesofílicas aerobias, el cucharón “muestreador” se esteriliza, como ya se mencionó, con una torunda de etanol al 96% y se flamea. Esta primera muestra es de 250 ml. La segunda muestra se utiliza para el resto de las pruebas y es de 500ml.

Inmediatamente después de la toma de muestra, esta es identifica la muestra o muestras con una etiqueta que lleva, el número de caso la especie y la fecha, posteriormente se coloca en una hielera hasta el momento que llega al laboratorio.

ANEXO IX

PROCEDIMIENTO DE RUTINA DE ORDEÑO Y LAVADO DEL EQUIPO

En cuanto a la rutina de ordeño se llevó a cabo de la siguiente manera: comienza cuando las vacas son arreadas al corral de espera. Previamente el ordeñador lava sus manos y se coloca los guantes, las vacas comienzan a entrar a los puestos de la ordeñadora y se realiza la primera aplicación del pre sello para después realizar la prueba de tazón de fondo oscuro (despunte), una vez realizado esto se aplica por segunda vez el pre sello y se seca con toallas de papel (dos por vaca para cada pezón), para proceder a colocar la unidad de ordeño. Una vez finalizado el ordeño, se retira la unidad de ordeño de manera automática y se aplica el sellador. Cuando a la última vaca se le aplica el sellador, las vacas son llevadas al área designada a pastorear y en la sala de ordeño se inicia la etapa de lavado automático de la maquina ordeñadora.

En la sala de ordeño el lavado del equipo se pone en marcha de la siguiente manera:

Una vez que las vacas están fuera del área de ordeño se procede al pre enjuague del lactoducto, se pone en marcha con agua no por arriba de los 60°C, posteriormente inicia el lavado alcalino con el detergente TripfanPlus® con una cantidad de 737ml, el agua debe iniciar con una temperatura de 71°C y al final del ciclo debe tener 49°C y se recomienda dure 10 minutos en recirculación (WestfaliaSurge, 2005). Siempre que haya un lavado alcalino debe existir un lavado acido que se realiza con un detergente de la marca Lac® 437ml y se recomienda que la temperatura del agua este entre 35°C y 43°C al final del ciclo y que tenga una duración de 5 minutos (WestfaliaSurge, 2005). Entre estos dos pasos hay un enjuague con abundante agua, a una temperatura de entre 40°C y 60°C. Para finalizar media hora antes de cada ordeño se lleva a cabo un proceso de “sanitización” con cloro en una cantidad de 101 ml.

9. REFERENCIAS

1. Aguilar C. (2002), Prevalencia de Mastitis en Vacas Lecheras Estabuladas y en Pastoreo. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Disponible en: https://chapingo.mx/produccionanimal/images/stories/tesis/Carlos_Aguilar_Rodriguez-2002.pdf. Consultado: 17 de abril de 2018.
2. Alais, Ch. (2003), Ciencia de la leche. *Principios de técnica lechera*. 4a Ed. España: Reverté, S.A. pp 873
3. Allen, V.G., Batello, C., Berretta, E.J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., Mclvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A., Sanderson, M. and The Forage and Grazing Terminology Committee (2011), *An international terminology for grazing lands and grazing animals*. Grass and Forage Science, 66: 2–28. doi:10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x/full>. Accessed: 10 March 2018.
4. Ángeles M.R, Mora F.J.S, Martínez D.M.A y García M.R. (2004), *Efecto de las importaciones de leche en el mercado nacional del producto*. Colegio de Postgraduados. Agrociencia volumen 38, número 5. [en línea]. Disponible en: <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2004/sep-oct/art-10.pdf>. Consultado: 14 de marzo de 2018.
5. Anzures O.F, Macías C.U, Álvarez V.F.D, Correa C.A, Díaz M.R. (2015), Efecto de época del año (verano vs. invierno) en variables fisiológicas, producción de leche y capacidad antioxidante de vacas Holstein en una zona árida del noroeste de México. Arch. Med. Vet. vol.47 no.1 Valdivia. [en línea], Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2015000100004>. Consultado: 12 de marzo de 2018.
6. Aranceta J., Serra LI. (2005), Leche, lácteos y Salud. Editorial Médica Panamericana. Pp151. [en línea]. Disponible en : <https://books.google.com.mx/books?id=RnR9M8HTOngC&pg=PA134&lpg=PA134&dq=leche+definición&source=bl&ots=2ZR6VI8vya&sig=QcXnqK1MUtzkKqB>

NYA_8FWrkd7I&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjf27H60a3aAhUCSa0KHWvwC4o4ChDoAQg_MAQ#v=onepage&q=leche%20definición&f=false Consultado: 5 de abril de 2018.

7. Araujo-Febres O. (2005), Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX seminario de pastos y forrajes. 2005; Maracaibo (Zulia) Venezuela. Venezuela (Zulia): Departamento de zootecnia, Facultad de agronomía, Universidad de Zulia, pp: 1-12. Disponible en: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Consumo_a_pastoreo_II.pdf. Consultado: 15 de abril de 2018.
8. ARC (1980), The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, Farnham Royal: 351.
9. Arias, R. Madder, T, Escobar, P. (2008), Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de Medicina Veterinaria*, en línea 40(1), pp.7-22. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173013340002>. Consultado: 3 de Abril de 2018.
10. Armas, S. (2017), *Determinación de parámetros fisicoquímicos en leche*. [en línea] España: Universidad de la Laguna. Disponible en: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6815/Determinacion%20de%20parámetros%20fisocoquimicos%20en%20leche.pdf?sequence=1&isAllowed> Consultado: 26 de abril 2018.
11. Arnott, G., Ferris, C., O'Connell, N. (2015). A comparison of confinement and pasture systems for dairy cows: What does the science say? AgriSearch, Queen's University Belfast, United Kingdom. Available at https://pure.qub.ac.uk/portal/files/127810644/Arnott_et_al._2015a.pdf. Accessed: April 18, 2018.
12. Arriaga J, C., Espinoza, A., Albarrán P,B., Castelán O,O. (1999) *Producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas: una alternativa para el Altiplano Central*. Ciencia Ergo Sum, vol. 6, núm. 3, noviembre, 1999. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. [en línea]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10401610>. Consultado: 28 de Abril, 2018.

13. Astrup, A., Dyeber, J., Elwood P., Hermansen, K., Hu, F., Jakobsen, M., Kok, F., Krauss, R., Lecerf, J., LeGrand, P., Nestel, P., Riserus, U., Sanders, T., Sinclair, A., Stenders, S., Tholstrup, T and Willett W. (2011). The role of reducing intakes of saturated fat in prevention of cardiovascular disease; where does the evidence stand in 2010? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 93(4), pp.648-688. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21270379>. Accessed: April 10, 2018.
14. Avila T,S. y Gutiérrez Ch,A. (2014), Producción de leche con ganado bovino. México: Imagen Editorial Yire. Pp 790.
15. Baudracco, Javier & López-Villalobos, Nicolás & Romero, Luis & Scandolo, Daniel & Maciel, Martin & Comeron, Eduardo & Holmes, C.W. & Barry, T.N. (2011). Effects of stocking rate on pasture production, milk production and reproduction of supplemented crossbred Holstein-Jersey dairy cows grazing lucerne pasture. *Fuel and Energy Abstracts*. 168. 131-143. 10.1016/j.anifeedsci.2011.03.017.
16. Bedolla. CC, Castañeda VH, Wolter W. (2007), Métodos de detección de la mastitis bovina (Methods of detection of the bovine mastitis). REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. ISSN 1695-7504 2007 Volumen VIII Número 9. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090702.pdf> Consultado 27 de Abril 2018.
17. Bell, F. (1984). Aspects of Ingestive Behavior in Cattle. *Journal of Animal Science*, 59(5), pp.1369-1372. [on line] Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/0f36/dee9ed2f528763ef1bb921ac3cf9b7a1e138.pdf>. Accessed: April 16, 2018.
18. Bishop. H. M. (2010), The role of milk in the diet, in *Griffiths M. Improving the Safety and Quality of Milk*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Pages 3–27, Nutrisphere, Canada. Available at: <https://doi.org/10.1533/9781845699437.1.3>. Consultado: 14 de marzo de 2018.
19. Blanco M.A (2012), *Capítulo 3 Zootecnia de Bovinos Productores de leche* pp 88-91, en Trujillo M.E. (2012) editora. Introducción a la Zootecnia, 2ª ed. Ciudad de México: UNAM, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

20. Blowey, R. y Ramis V. M, (1999), *Control de la mastitis en granjas de vacuno de leche*. 1ª ed. Zaragoza, España: Acribia, pp.135-136.
21. Bondi, A y Drori, D. (1988), *Nutrición animal*. 1st ed. Zaragoza: Acribia. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/227237720/Nutricion-animal-A-Bondi-pdf>. Consultado: 16 de abril de 2018.
22. Brun-Lafleur, L. Delaby, F. Husson, P. Faverdin. (2010),” Predicting energy × protein interaction on milk yield and milk composition in dairy cows”. American Dairy Science Association. Vol. 93 No. 9. pp: 4128–4143. Available at: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(10\)00439-X/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(10)00439-X/pdf). Accessed: April 16, 2018.
23. Caballero SC, *et al* (2010) *Fisiología Veterinaria e Introducción a la Fisiología de los Procesos Productivos México*: FMVZ UNAM. Pp 642-676
24. Callejo R.A (2008), *Refrigeración de la leche en la granja*. Frisona Española No. 165. [en línea], Disponible en: <http://www.revistafrisona.com/Portals/0/articulos/n165/A16503.pdf>. Consultado: 4 de abril de 2018.
25. Callejo R.A, Díaz B.V, 2001. *Limpieza y desinfección del equipo de ordeño. Identificación de problemas de limpieza*. EUIT, Agrícola, UPM. Disponible en: http://ocw.upm.es/produccionanimal/ordenomecanico/Tema_6_Limpieza_de_instalaciones/limpieza_de_instalaciones_de_ordeno.pdf. Consultado: 2 de Julio de 2018.
26. Callejo R.A, (2010) *Calidad de leche*. [en línea], Disponible en: http://ocw.upm.es/produccion-animal/ordenomecanico/Tema_7_Calidad_de_Leche/calidad_higienica_de_la_leche_txt_.pdf. Consultado: 5 de abril.
27. CANILEC. Cámara Nacional de Industriales de la Leche (2011), *El Libro Blanco de la Leche y sus Productos Lácteos*. 1a Edición. Disponible en: http://www.canilec.org.mx/descarga_archivos_publico/Libro_Blanco_mail.pdf. Consultado: 16 de abril de 2018
28. Chandan C.R. (2008), *Dairy Processing and Quality*. Primera edición. Wiley-Blackwell, Iowa, USA, pp 586.

29. Cicconi-Hogan, K., Gamroth, M., Richert, R., Ruegg, P., Stiglbauer, K. and Schukken, Y. (2013). Associations of risk factors with somatic cell count in bulk tank milk on organic and conventional dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science*, 96(6), pp.3689-3702.
30. Claeys, W., Cardoen, S., Daube, G., De Block, J., Dewettinck, K., Dierick, K., De Zutter, L., Huyghebaert, A., Imberechts, H., Thiange, P., Vandenplas, Y. and Herman, L. (2013), Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits. *Food Control*, 31(1), pp.251-262. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095671351200535X>. Accessed: April 10, 2018.
31. Camacho, V.J. H, Cervantes E.F, Palacios R.M.I, Cesin V. A, Ocampo, L.J. (2017). *Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión de los modelos tecnológicos Holstein*. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. ISSN 2007-1124. [en línea] Consultado: 28 de febrero de 2018
32. Campabadal. C, (1999). Factores que afectan el contenido de sólidos de la leche. Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. Vol. 5. Núm. 1.Pp.67-92.
33. CANILEC, Cámara Nacional de Industriales de la Leche (2016), *Estadísticas, importaciones y exportaciones*. [en línea] Disponible en: <http://www.canilec.org.mx/estadisticas-importaciones.html>. Consultado: 9 de marzo 2018
34. Caravaca R.F.P, Castel G.J.M, Guzmán G.J.L, Delgado P.M, Mena G.M, Alcalde A.M.J, González R.G (2005), Bases de la producción Animal. 3ª Reimpresión, Universidad de Sevilla, España. pp 382-384. Disponible en : https://books.google.com.mx/books?id=YQxTe3v1GqkC&pg=PA384&lpg=PA384&dq=ventajas+del+pastoreo&source=bl&ots=rdkEe7S_87&sig=FfbKNI9y4mOGq-ud1ICEtOkPEZE&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjH2Nvuo-rZAhWmr1QKHSQ3AKw4FBDoAQhbMAs#v=onepage&q=ventajas%20del%20pastoreo&f=false. Consultado 13 de marzo 2018.
35. Celis, M., y Juárez, D. (2009), Microbiología de la leche. Seminario de procesos fundamentales físico - químicos y microbiológicos. Especialización y Maestría en

- medio ambiente. Laboratorio de Química F.R. Bahía Blanca. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina
36. Cerqueira, J.O.L, Araujo, J.P.P, Blanco-Penedo, I, Cantalapiedra. J, Silvestre, A.M.D y Silva, S.J.C.R. (2016), Predicción de estrés térmico en vacas lecheras mediante indicadores ambientales y fisiológicos. *Archivo. Zootécnico. Volumen* 65 (251).pp 357-364.
37. Cervantes E, Cesin F, Vargas.A , y Mamani O.I. (2013). La calidad estándar de la leche en el estado de Hidalgo, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(1), 75-86., Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200711242013000100006&lng=es&tling=es. Consultado: 18 de abril de 2018
38. Citalan C. H, Ramos J.AJ, Salinas H. R, Bucio G. A, Osorio A. M.M, Herrera H. J.G, Orantes, Z.M (2016). Sensory analysis of milk from cows supplemented with a fermented food made from chicken manure. 3. 181-191. Available at: https://www.researchgate.net/publication/317436045_Sensory_analysis_of_milk_from_cows_supplemented_with_a_fermented_food_made_from_chicken_manure. Consulted: April 11, 2018.
39. COLPOS, Colegio de postgraduados (2003), Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Cadena de Bovinos de Doble Propósito en el estado de Veracruz. [en línea]. Disponible en: <https://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit110.pdf>. Consultado: 12 de marzo de 2018.
40. Comeron E.A. (2007), *Eficiencia Productiva de los Sistemas Lecheros en Zonas Templadas (Con especial referencia a América Latina y Argentina)* Archivo Latinoamericano de Producción Animal. Vol. 15 (Supl.1) Vol. 15 (Supl. 1), 141-143. [en línea]. Disponible en: <http://www.bioline.org.br/pdf?la07045> Consultado: 13 de marzo 2018.
41. Comeron. E, Romero.L, Peyraud. JL, Bruno, O and Delaby, L. (1995). Effects of herbage allowance on performances of dairy cows grazing alfalfa swards. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences*, 1995, 44 (Suppl1), pp.368-368.

- Disponible en: <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00889522/document>.
Accessed: 28 de Abril, 2018
42. Cunningham JG Y Klein BG, (2009) *Fisiología Veterinaria*, 4a ed. España: Elsevier Saunders.
43. DCANZ (2018). *Dairy Farming Industry & Milk Production History NZ | DCANZ*. [online] Available at: <https://www.dcanz.com/about-the-nz-dairy-industry/>. Accessed 21 May 2018.
44. DeLaval (2003). Contador de Células DeLaval DCC. La información para el éxito en la gestión de rebaño. Madrid. [en línea] Disponible: http://www.delaval.com.mx/ImageVaultFiles/id_5074/cf_5/11819_DCC.PDF. Consultado: 30 de mayo de 2018.
45. DeLaval (2015), Lowering the use of antibiotics. [online] Available at: <http://www.delavalcorporate.com/globalassets/news--media/news-releases/lower-the-use-of-antibiotics-dcc-icc-hn-and-occ-20151005.pdf>. Accessed: 21 May 2018.
46. DGPA, Dirección General de Promoción Agraria (2005), Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche. Perú. [en línea] Disponible: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/7AE7E7AB111562710525797D00789424/\\$FILE/Aspectosnutricionalesytecnologicosdelaleche.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/7AE7E7AB111562710525797D00789424/$FILE/Aspectosnutricionalesytecnologicosdelaleche.pdf). Consultado: 4 de abril de 2018
47. DikenInternational, (2016), SimPlate, Prueba rápida para contabilización de microorganismos. [en línea] Disponible en: <https://twitter.com/DIKENINT/status/781133241961021440>. Consultado 26 de mayo de 2018.
48. Dohoo IR and Meek AH (1982), Somatic Cell Counts in Bovine Milk. *The Canadian Veterinary Journal*. 23(4):119-125. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1790153/>. Consulted: April 16, 2018.
49. Dukes, H. and Reece, W. (2009). *Dukes Fisiología de los animales domésticos*. Zaragoza: Acribia.

50. Ebringer, L., Ferenčík, M. and Krajčovič, J. (2008). Beneficial health effects of milk and fermented dairy products — Review. *Folia Microbiológica*, 53(5), pp.378-394. Available at: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12223-008-0059-1.pdf>. Accessed: 11 de abril de 2018.
51. Espinosa O.V.E, Jiménez J.R.A, Gonzáles G.G.I, Pesado A.A, Pérez L.B y García H.L.A. (2011), Lechería familiar. *Suplemento Informativo de La Jornada No.51*. [en línea]. Disponible en: <http://www.jornada.unam.mx/2011/12/17/cam-lecheria.html>. Consultado: 12 de marzo de 2018.
52. FAO. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011), López R.-Editor, Manual I Buenas Prácticas de Ordeño en Serie “Buenas prácticas en el manejo de la leche”, Guatemala. [en línea], Disponible en: http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/1/13346882217260/fao_manual1_lacteos_rip.pdf. Consultado: 9 de abril de 2018.
53. FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015), *La leche en cifras*. [en línea] Disponible en: <http://www.fao.org/assets/infographics/FAO-Infographic-milk-facts-es.pdf>. Consultado: 13 de marzo de 2018.
54. FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018), *Producción y productos lácteos: Productos*. [en línea] Disponible en: <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/es/> Consultado: 13 de marzo de 2018.
55. FAO₂, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018), *Producción y productos lácteos: Composición*. [en línea] Disponible en: <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/es/> Consultado: 14 de abril de 2018.
56. FAOSTAT (2018) [on line]. Available at: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/GM>. Accessed: May 9, 2018
57. FEPALE (2014) Lácteos: alimentos esenciales para el ser humano, Si a la Leche. Uruguay: Editado por FEPALE.

58. Financiera Rural. (2009), Bovino y sus derivados. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. [en línea]. Disponible en: <http://www.gbcbiotech.com/bovinos/industria/Bovino%20y%20sus%20derivados%20Financiera%20Rural%202012.pdf>. Consultado: 12 de marzo de 2018.
59. Forbes, J (1986). The voluntary food intake of farm animals. 1st ed. London: Butterworths. [on line]. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/book/9780408111546>. Accessed: April 15, 2018.
60. Gallardo M. (2006). Alimentación y composición química de la leche. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina. [en línea]. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/12-alimentacion_y_composicion_leche.pdf. Consultado: 24 de junio de 2018.
61. García E. (1981). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koeppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 246 p.
62. García, S.C and Holmes C.W (2001), Lactation curves of autumn- and spring-calved cows in pasture-based dairy system. *Livestock Production Science*. Volume 68, Issues 2–3. Pp 189-203. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00237-2](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00237-2). Accessed: April 3, 2018.
63. García SC. and Holmes CW. (2005). Seasonality of calving in pasture-based dairy systems: its effects on herbage production, utilization and dry matter intake. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45(1) 1-9. Available at: <https://doi.org/10.1071/EA00110>. Accessed: April 6, 2018.
64. García E., Fernández, I. (2012) *Determinación de proteínas de un alimento por el método de Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte*. [en línea] Valencia, España: Universitat Politècnica de València. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinación%20de%20proteinas.pdf?sequence=1>. Consultado: 26 de mayo de 2018.

65. García, E., Fernández, I. and Fuentes, A. (2013). *Determinación del contenido en grasa de la leche por el método Gerber*. [en línea] Valencia, España: Universitat Politècnica de València. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30627/Grasa%20leche-%202013.pdf> Consultado: 26 de Abril de 2018.
66. Geenty KG and Rattray PV. (1987) The energy requirements of grazing sheep and cattle. In: Nicol AM, editor. Livestock feeding on pasture. Occasional Publication No 10. Hamilton (NZ): New Zealand Soc Anim Prod. pp. 39-53.
67. González R. A., Roca F.A.I, Vázquez Y.O.P, Fernández C.Y.J.A (2010). Efecto del pastoreo sobre la composición de leche en sistemas sostenibles de producción en Galicia. *Producción Animal*. Galicia, España. Disponible en: <http://ciam.gal/uploads/publicacions/844archivo.pdf>. Consultado: 9 de abril de 2018.
68. Hamann, J, (2005) Diagnosis of mastitis and indicators of milk quality in Hogeveen. H. (Editor). 2005. Mastitis in Dairy Production. Current Knowledge. Wageningen Academic. The Netherlands. Available at: https://books.google.com.mx/books?id=9hOA_wWF9iEC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Accessed: April 11, 2018.
69. Herrera F. C. 2011. Indicadores fisiológicos de estrés en ganadería bovina. Sitio Argentino de Producción Animal, Argentina. [en línea] Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/51-Indicadores_Fisiologicos.pdf. Consultado: 5 de abril de 2018.
70. Hershberger U. (2012), "Producción y calidad de leche de vacas en pastoreo o en estabulación". Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México, México. Disponible en: https://chapingo.mx/produccionanimal/administrador/components/com_jresearch/files/theses/PPA_MC_044_09_12_AGR_UHDA.pdf). Consultada: 18 de abril de 2018.
71. Hodgson J. (1990) Grazing management. Science into practice. London (UK): Longman Group Limited. 1990.

72. Holmes CW, Brookes IM, Garrick DJ, Mackenzie DDS, Parkinson TJ, Wilson GF. (2002) *Milk Production from Pasture Principles and Practices*, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
73. Huppertz T. and Kelly A.L. (2009), "Properties and constituents of cow's milk". In Tamime A.Y. *Milk processing and quality management*. 1st edition. Wiley-Blackwell. Reino Unido. Pp. 374.
74. IDF, International Dairy Federation. (2016), The World Dairy Situation, preview. *Bulletin of the International Dairy Federation* 485/2016. ISSN 0250-5118. [On line], Available at: <http://www.idfa.org/docs/default-source/d-news/world-dairy-situationsample.pdf>. Accessed: March 13, 2018.
75. INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2018), Bovinos, Como Cuidarlos del Estrés por Calor. Disponible en: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=41871>. Consultado en: 4 de abril de 2018
76. Jones, G. (2009), Cleaning and Sanitizing Milking Equipment. [on line] Available at: http://pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/404/404-400/404400_pdf.pdf. Accessed: April 6, 2018.
77. LICONSA (2012), Manual de Procedimiento para la Adquisición, Recepción y Pago de Leche Nacional en Liconsa. Secretaria de Desarrollo Social. Disponible en: <http://www.liconsa.gob.mx/wp-content/uploads/2013/03/man-pro-adq-rec-y-pago-de-leche-nacional-en-licinsa.pdf>. Consultado 17 de abril de 2018.
78. Looper. M, (2013), Factors affecting milk composition of lactating cows. Division of Agriculture, Research and Extension. University of Arkansas, USA. [On line], Available at: <https://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-4014.pdf>. Accessed: April 6, 2018.
79. McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., Morgan, C., Sinclair, L. and Wilkinson, R. (2011), *Nutrición animal*. 7th ed. Zaragoza: Acribia, pp.435-447.
80. Macdonald K.A., Penno J.W., Lancaster J.A.S., Bryant A.M., Kidd J.M., Roche J.R. (2017), Production and economic responses to intensification of pasture-based dairy production systems, *Journal of Dairy Science*, Volume 100, Issue 8. Pages 6602-6619, ISSN 0022-0302. Available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030217305702>.

Accessed: April 29, 2018.

81. Manterola, H. (2007), Manejo nutricional y composición de la leche. El desafío de incrementar los sólidos totales en la leche. Una necesidad de corto plazo. Circular de extensión pecuaria N° 33. Universidad de Chile. 17 p.
82. Mendoza F, C., Pabón R, M. and Carulla F, J. (2011). Revista MVZ Córdoba, [en línea] 16(3), p.2721. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012202682011000300009 Consultado 25 de Abril de 2018.
83. Minson, D. (1990), Forage in ruminant nutrition. United States of America: Academic Press Inc., p.502. [On line]. Available at: <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=xnOVGsdCktwC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Forage+in+Ruminant+Nutrition.&ots=p1PwU0373Z&sig=PiWj8ybZT HD8ONUuyPvLgUiXmuA#v=onepage&q=Forage%20in%20Ruminant%20Nutrition.&f=false>. Accessed: April 17, 2018.
84. Moncada J.A y Pelayo C. B.H (2011) ,Capitulo 5, Análisis Químico, Microbiológico y Fisicoquímicos de la leche: Calidad y Contenido nutrimental. en Cámara Nacional de Industriales de la Leche. CANILEC.2011. El Libro Blanco de la Leche y sus Productos Lácteos. 1a Edición. [en línea]. Disponible en: http://www.canilec.org.mx/descarga_archivos_publico/Libro_Blanco_mail.pdf. Consultado: 14 de abril de 2018. Pp.66-79
85. Murphy J.J. (2005), Utilization of Grazed Grass in Temperate Animal Systems: Proceedings of a Satellite Workshop of the XXth International Grassland Congress, Wageningen Academic Publishers, Cork, Ireland. [On line]. Available at: https://books.google.com.mx/books?id=W8MR40uBrKkC&pg=PA63&lpg=PA63&dq=pasture+systems+and+milk+production&source=bl&ots=x7VivVzAV9&sig=17Fv_AkL2ga0q7mecfRIThh38PQ&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwixiOaS_XZAhVByGMKHR2oDql4ChDoAQhpMAk#v=onepage&q=pasture%20systems%20and%20milk%20production&f=false. Accessed: March 11, 2018.

86. NRC, National Research Council (US) Subcommittee on Environmental Stress. Washington (DC): National Academies Press (US); (1981), Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals, Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK232334/#ddd00064>. Accessed: April 2, 2018.
87. NRC, National Research Council (US) Committee on Technological Options to Improve the Nutritional Attributes of Animal Products. (1988), Designing Foods: Animal Product Options in the Marketplace. Washington (DC): National Academies Press (US); Factors Affecting the Composition of Milk from Dairy Cows. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218193/> Accessed: April 28, 2018
88. NMX-F-253-1977. Cuenta de bacterias Mesofílicas Aerobias. Method for Aerobic Mesophylic Bacteria Count. Normas Mexicanas. Dirección general de normas. Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-253-1977.PDF>. Consultada: 3 de abril, 2018.
89. NMX-700-COFOCALEC-2012. Sistema Producto Leche- Alimento-Lácteo-Leche Cruda de Vaca- Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.
90. NMX-F-708-COFOCALEC-2004. Sistema producto Leche- Alimentos- Lácteos- Determinación de Grasa, Proteína, Lactosa, Solidos no grasos, y Sólidos totales en leche cruda, por espectroscopia de infrarrojo- Métodos de prueba.
91. NMX-F-717-COFOCALEC-2015. Sistema Producto Leche-Alimentos-Lácteos- análisis microbiológicos de leche y derivados-métodos de prueba rápidos.
92. NMX-F-718-COFOCALEC-2006. Sistema Producto Leche- Alimentos- Lácteos- Guía para el Muestreo de Leche y Productos Lácteos.
93. NMX-F-737-COFOCALEC-2010 Sistema Producto-Leche- Alimentos-Lácteos- Determinación de la Densidad en Leche Fluida y Fórmula Láctea-Método de Prueba.
94. NOM-155-SCFI-2012. Leche. Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.

95. NOM-092-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la Cuenta de Bacterias Aerobias en Placa.
96. NOM-243-SSA1-2010, Productos y Servicios. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado. Especificaciones sanitarias. Segunda edición. Disponible: <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Normas/243ssa1.pdf> Consultado: 5 de abril de 2018.
97. Ochoa, G.P., (1991), Mejoramiento genético del ganado bovino lechero. Revista Ciencia Veterinaria. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Vol. 5. PP.: 67-88. Disponible en: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CvVol5/CVv5c4.pdf>. Consultado: 11 de abril de 2018.
98. Ohnstad, I. (2013), Effective cleaning of the milking machine. *Livestock*, 18(1), pp.28-31.
99. Ortiz S.J.A., García T.O., Morales T.G. (2005), Manual del Participante; manejo de Bovinos Productores de Leche. Secretaría de la Reforma Agraria. Colegio de Postgraduados: 53. [en línea]. Disponible en: <http://infolactea.com/wp-content/uploads/2015/03/561.pdf>. Consultado 28 de febrero.
100. Osorio del M.A. (2010), Producción de leche en la zona alta de Veracruz. Primer Foro sobre Ganadería Lechera de la Zona Alta de Veracruz. Universidad Veracruzana. [en línea]. Disponible en: https://www.uv.mx/apps/agronomia/foro_lechero/Bienvenida_files/PRODUCCIONDELECHEENLAZONAALTADEVERACRUZ.pdf. Consultado: 12 de marzo de 2018.
101. Palmquist, D. L., Beaulieu A. D., and Barbano D. M. (1993), Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science* 76:1753-1771. [on line] Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030293775086>. Accessed: April 17, 2018.
102. Pérez J.M. (2011), Capítulo 1, La producción de leche en Cámara Nacional de Industriales de la Leche. CANILEC.2011. El Libro Blanco de la Leche y sus Productos Lácteos. 1a Edición. Disponible en:

http://www.canilec.org.mx/descarga_archivos_publico/Libro_Blanco_mail.pdf.

Consultado: 11 de abril de 2018.

103. Pereyra, H. y Leiras M. A, 1991. Comportamiento bovino de alimentación, rumia y bebida. Fleckvieh-Simmental. 9(51):24-27, Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/etologia_bovinos/04comportamiento_bovino_de_alimentacion_rumia_y_bebida.pdf. Consultado: 2 de julio.
104. Piña. M.L. (2011). Importancia del manejo del pastoreo en el consumo y utilización de la pradera. Circular de Extensión 2011. Departamento de Reproducción Animal. Universidad de Chile, Chile. PP. 36-40.
105. Preston, T. R. and Leng, R. R. (1989), Producción pecuaria tropical: ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Colombia: [s.n.], 312 p. Disponible en: <http://bibliotecas.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=15996>. Consultado: 15 de abril de 2018.
106. Ramírez, M., Hernández, O., Améndola, R., Mendoza, G., Ramírez, E. Y Burgueño, J. (2011). Respuesta productiva de vacas lecheras en pastoreo al maíz fresco picado como suplemento. Archivos de Zootecnia, 60(231), pp.647-657.
107. Reinemann, D., Wolters, G. and Dam Rasmussen, M. (2000), Review of Practices for Cleaning and Sanitation of Milking Machines. [on line] Wisconsin: University of Wisconsin, pp.1-10. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.548.7193&rep=rep1&type=pdf>. Accessed 6 May 2018.
108. Robledo P.R. (2010). El sistema de producción de leche en Australia y Nueva Zelanda, y su reestructuración productiva. *México y la Cuenca del Pacífico*. 13(37), pp57-74. Disponible en : <http://www.redalyc.org/html/4337/433747495004/>. Consultado: 6 de mayo de 2018.
109. Roca. C. A.J, (2011). Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. Volumen 2. Número 1. Escuela Superior

Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix, Ecuador. Pp 15-25.

110. Saborío M. A., (2011) Factores que influncian el porcentaje de sólidos totales de la leche. No.56. Centro de Investigaciones en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica. Pp 70-73. Disponible en : http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Publicaciones/articulo_ecag_solidos_revista_56.pdf. Consultado: 19 de abril de 2018.
111. SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2000), Situación Actual y Perspectiva de la Producción de Leche de Ganado Bovino en México. [en línea]. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Estudios%20de%20situacin%20actual%20y%20perspectiva/Attachments/20/sitlech99.pdf>. Consultado: 3 de marzo de 2018.
112. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2010), Situación Actual y Perspectiva de la producción de leche de Bovino en México. INFOASERCA. No.207. [en línea]. Disponible en: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207-34.pdf>. Consultado en: 10 de marzo de 2018.
113. SAGARPA, Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2014. Pastoreo rotacional intensivo. México, Ciudad de México [en línea]. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Pastoreo%20rotacional%20intensivo.pdf>. Consultado: 10 de marzo de 2018
114. SAGARPA/SIAP, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Servicio de Información Alimentaria y Pesquera (2016), Bovino leche, población ganadera 2007-2016, Cabezas. [en línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/276005/Bovino_leche.pdf. Consultado 12 de marzo.
115. SAGARPA/SIAP, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2017), Boletín de Leche, octubre-diciembre de 2017. [en línea]. Disponible en:

- <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Bolet%C3%ADn%20de%20Leche%20octubre-diciembre%202017.pdf>. Consultado: 28 de febrero 2018.
116. SAGARPA /SIAP₂. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2017), Panorama de la Leche en México, Junio 2017. [en línea]. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/B_leche_%20junio2017.pdf. Consultado: 14 de Abril de 2018.
117. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2018), *Cosechando números del campo, leche*. [en línea]. Disponible en: <http://www.numerosdelcampo.sagarpa.gob.mx/publicnew/productosPecuarios/cargarPagina/5#>. Consultado: 13 de marzo de 2018
118. SAGARPA/SIAP. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Servicio de Información Alimentaria y Pesquera (2018), Boletín mensual. Balanza disponibilidad-consumo. *Leche de bovino*. [en línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300016/Balanza_disponibilidad_consumo_diciembre_2017.pdf. Consultado: 12 de marzo de 2018.
119. SAGARPA/SIAP₃. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Servicio de Información Alimentaria y Pesquera (2018), Boletín de leche. Enero-marzo.2018. [en línea]. Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Bolet%C3%ADn%20de%20Leche%20enero-marzo%202018.pdf>. Consultado: 8 de junio de 2018.
120. Santoyo. H, Martínez G.E, y Rodríguez, M. (2015), Innovación ganadera para una producción competitiva y sustentable. 789-802. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma Chapingo. México., Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/291332779> Innovacion ganadera para una produccion competitiva y sustentable. Consultado: 9 de junio 2018
121. SAS (2003) System for Windows. User's Guide Statistics, SAS Inst. Inc. Cary North Carolina, USA.

122. Saran, A. and Chaffer, M. (2000), *Mastitis y calidad de leche*. 1st ed. Buenos Aires: Inter-Médica, pp.49-61.
123. Saravia C y Cruz, G. 2003, Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. Nota Técnica. No. 50. Facultad de Agronomía. Uruguay. pp 36. Disponible en: http://dedicaciontotal.udelar.edu.uy/adjuntos/produccion/662_academicas__academicarchivo.pdf. Consultado: 7 de abril de 2016.
124. SE, Secretaria de Economía (2012), Dirección General de Industrias Básicas. *Análisis del sector Lácteo en México*. [en línea] Disponible en: http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf. Consultado: 10 de marzo 2018
125. SENA, Servicio Nacional de Aprendizaje (1987), Derivados lácteos, Obtención higiénica de la leche, el ordeño. [en línea], Disponible en: http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/31496/pdf/b1_car2.pdf, Consultado: 4 de abril de 2018.
126. SENA₂, Servicio Nacional de Aprendizaje (1987), Derivados Lácteos. Obtención higiénica de la leche: Conservación de la leche. Vol. 4. Ejemplar 1. Bogotá, Colombia. Pp 23. Disponible en: http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/31496/pdf/b1_car4.pdf. Consultado: 23 de abril de 2018.
127. Shimada M.A (2015), Nutrición animal. Editorial Trillas, México D.F. pp 64-76.
128. SIAP, Servicio de información agroalimentaria y pesquera (2017). Panorama de la leche en México. [en línea] Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure%20leche_Diciembre2017.pdf. Consultado en: 28 de febrero de 2018.
129. Svennersten-Sjaunja, K. and Olsson, K. (2005). Endocrinology of milk production. *Domestic Animal Endocrinology*, 29(2), pp.241-258. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0739724005000937>. Accessed: 23 de Abril de 2018.

130. SSA, Secretaría de Salud. (1994), Dirección General de Control Sanitario de Bienes y Servicios. Aplicación de Análisis de Riesgos, Identificación y Control de Puntos Críticos en la Industria de la Leche Pasteurizada. México.
131. Steel RGD, Torrie J, Dickey DA (1997): Principles and procedures of statistics: A biometrical approach, 3rd ed. McGraw Hill Book Co. New York.165.
132. Sutton, J. D. (1989), Altering milk composition by feeding. *Journal of Dairy Science* 72: 2801-2814. Available at: [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(89\)79426-1/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(89)79426-1/pdf). Accessed: April 17, 2018.
133. Tarazona, Ariel M, Ceballos, María C, Naranjo, Juan F, & Cuartas, César A. (2012). Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(3), 473-487. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012006902012000300015&lng=en&tlng=es. Consultado: 1 de Julio, 2018.
134. Tamime A.Y. (2009), Milk Processing and Quality Management. Society of Dairy Technology series. Blackwell Publishing Ltd. Pp.374
135. Tilley JMA, Terry RA. (1963), A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass Forage Sci.* 18:104-111.
136. Ueda A. (1999) "Relationship among milk density, composition and temperature" Thesis for master and science, University of Guelph: Ottawa, Canada. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.428.2497&rep=rep1&type=pdf> Accessed: June 20, 2018.
137. USDA (2017), Dairy World Markets and Trade [on line]. Available at: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/dairy.pdf>. Accessed: April 18, 2018.
138. UV, Universidad Veracruzana. (2010), Calidad de la leche Cruda. Primer Foro sobre Ganadería Lechera de la Zona Alta de Veracruz. [en línea]. Disponible en:https://www.uv.mx/apps/agronomia/foro_lechero/Bienvenida_files/CALIDAD_DELALECHECRUDA.pdf. Consultado: 4 de abril de 2018.

139. Van Zyl M, Meeske R, Scholtz G.D.J, Einkamerer O.B. (2014). The effect of lucerne (*Medicago sativa*) hay quality on milk production and composition of Jersey cows. S. Afr. j. anim. sci. [On line].; 44(5): 25-30. Available at: http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037515892014000500006&lng=en. Accessed: May 09, 2018.
140. Varnam, A. and Sutherland, J. (1994). Leche y productos lácteos. *Tecnología Química y Microbiología*, 1st ed. Zaragoza: Acribia, pp.8-22.
141. WestfaliaSurge, Inc. (2005). Total Bacteria Count (SPC) Intermediate Module. USA. pp134.