



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS EN
QUESO ARTESANAL TEPEQUE PRODUCIDO EN UN SISTEMA
SILVOPASTORIL Y UN SISTEMA TRADICIONAL DE
MICHOACÁN, MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA:

ANA ROSA PRAGA AYALA

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México Julio 2015



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS EN
QUESO ARTESANAL TEPEQUE PRODUCIDO EN UN SISTEMA
SILVOPASTORIL Y UN SISTEMA TRADICIONAL DE
MICHOCÁN, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

PRESENTA

ANA ROSA PRAGA AYALA

COMITÉ DE TUTORAL

DIRECTOR

PhD. Octavio Castelán Ortega

ASESORES

PhD. Manuel González Ronquillo

PhD. Juan Carlos Ku Vera

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México Julio 2015

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento otorgado para la realización de la presente tesis por el proyecto de investigación “Caracterización del queso regional y del proceso socio-técnico de elaboración” Proyecto operado por la Universidad Autónoma del Estado de México (Clave UAEM: 3053/2011E), y financiado por Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). También se agradece a este último la beca recibida para estudios de maestría en ciencias.

Se agradece el apoyo y las facilidades prestadas por la Fundación Produce Michoacán A.C. y al Rancho los Huarinches. Finalmente, se agradece al Dr. Rey Gutiérrez Tolentino, responsable del laboratorio de Instrumentación de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, por las facilidades otorgadas para el análisis de las muestras de queso.

RESUMEN

La presente Tesis de Maestría se llevó a cabo con el objetivo principal de conocer el perfil de ácidos grasos y el contenido de ácido linoleico y linolénico en el queso artesanal Tepeque elaborado con leche de vaca de la raza pardo suizo. La parte experimental de esta tesis se llevó a cabo en primera instancia en el Valle de Tepalcatepec, Michoacán México donde se elaboraron 48 quesos., correspondiendo 24 quesos para un Sistema Silvopastoril intensivo (SSPi) y 24 quesos para un Sistema Tradicional (ST). Se empleó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 4 para analizar el efecto del sistema de alimentación y cuatro periodos de maduración de los quesos. Los resultados obtenidos demuestran que existe una concentración significativamente menor ($P < 0.05$) de ácidos grasos de cadena corta en el SSPi. También se observó que la concentración de los ácidos grasos C18:2n3 y C18:3n3 fue mayor ($P < 0.01$ y $P < 0.05$, respectivamente) en los quesos del SSPi. Para los periodos se observó un incremento ($P < 0.05$) para C14:0, C16:0, C18:0 y C18:3n6 en el tercer periodo de maduración con respecto al primero, encontrando una estabilización en el cuarto periodo. Para la concentración promedio de ácidos grasos agrupados por el largo de su cadena de carbonos, se observó que ésta fue mayor para los ácidos de cadena larga ($P < 0.01$) en los quesos del SSPi, lo cual se explica por el consumo de forrajes frescos y de buena calidad en este sistema. Se concluye que el empleo de un SSPi genera un aumento en el contenido de ácidos grasos de cadena larga del queso artesanal Tepeque.

SUMMARY

The present master thesis was held with the main objective to know the profile of fatty acids, linoleic and linolenic acid in the artisanal Tepeque cheese made with milk from Brown Swiss breed. Instance experimental part of this thesis held at first instance in Tepalcatepec Valley of Michoacán México, where 48 cheeses were produced, corresponding 24 cheeses for a Silvo-Pastoral System (ISPs) and 24 cheeses for a Traditional System (TS). An experimental completely randomized design with a factorial arrangement, 2 x 4, was used to analyse the effect of the feeding system and four cheese ripening periods. The results showed a significantly lower concentration ($P < 0.05$) of short chain fatty acids in the ISPs. On the contrary, the concentration of C18:2n3 and C18:3n3 was higher ($P < 0.01$ and $P < 0.05$, respectively) in the ISPs than in the TS cheeses. For the periods, there was an increment ($P < 0.05$) in the concentration of C14:0, C16:0, C18:0 and C18:3n6 over the third ripening period in comparison with the first period. This concentration was stabilised and remained constant at the end of the fourth period. In relation with the concentration of fatty acids as grouped by the length of their carbon atoms chain, this was higher for the long chain fatty acids in the ISPs ($P < 0.01$). This may be explained by intake of good quality forages in the ISPs. Finally, it is concluded that the use of a ISPs results in an increment in the long chain fatty acids in the Tepeque artisan cheese.

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE CUADROS	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. DEFINICIÓN DE AGROFORESTERÍA	2
2.2. SISTEMAS AGROFORESTALES	2
2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES	3
2.4. SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO	7
2.4.1. Principales especies empleadas y sus características.....	8
2.4.2. Efecto de un Sistema Silvopastoril intensivo en la producción láctea.....	9
2.5. Componentes de la leche de vaca	10
2.5.1. Perfil de ácidos grasos en la leche.....	11
2.5.2. Química de los ácidos grasos.....	13
2.5.3. Ácido linoleico conjugado (CLA).....	15
2.5.4. Biosíntesis del CLA.....	17
2.6. Antecedentes de biohidrogenación ruminal	18
2.6.1. Microorganismos ruminales.....	18
2.6.2. Biohidrogenación per se.....	19
3. JUSTIFICACIÓN	22
4. HIPÓTESIS	23
5. OBJETIVOS	24
6. MATERIAL Y MÉTODOS	25
6.1. Localización geográfica del área de estudio	25

6.2. Sistema de alimentación	25
6.3. Elaboración del queso maduro	25
6.4. Muestras de queso artesanal Tepeque.....	26
6.5. Análisis de laboratorio.....	28
6.6. Diseño experimental y análisis estadístico	29
7. RESULTADOS	30
7.1. Artículo enviado.....	33
8. DISCUSIÓN GENERAL	50
9. CONCLUSIÓN GENERAL	53
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de sistemas agroforestales en función de los componentes que los conforman	4
Figura 2. Estructura de una molécula de glicerol	12
Figura 3. Composición de los ácidos grasos	14
Figura 4. Esquema de la biosíntesis del CLA	17
Figura 5. Vías de Biohidrogenación en el rúmen	21

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales ácidos grasos	15
Cuadro 2. Tipos de maduración del Queso Tepeque	26
Cuadro 3. Denominación del queso de acuerdo al tiempo de maduración	27

1. INTRODUCCIÓN

El contenido de ácidos grasos en la leche y sus derivados ha sido ampliamente investigado para obtener una mayor comprensión de sus efectos sobre la salud humana. De acuerdo con diversos autores como Bauman *et al.*, (2001), Loor *et al.*, (2005), Stanton *et al.*, (2003), los niveles más altos de ácido linoleico conjugado (CLA, por sus siglas en inglés) en la grasa de la leche de vaca se han observado cuando las vacas son alimentadas con pastos frescos, dietas orgánicas y dietas suplementadas con plantas ricas en ácidos grasos polinsaturados, (PUFA, por sus siglas en inglés). De acuerdo con AbuGhazaleh y Holmes (2007), Bergamo *et al.*, (2003), Lock y Garnsworthy (2003), Shingfield *et al.*, (2006), Zheng *et al.*, (2005), esto es debido a que la alimentación con forrajes frescos da lugar a un mayor contenido de compuestos saludables en la leche que los encontrados en la leche de los sistemas de alimentación intensivo o estabulado. En los quesos el contenido de CLA es variable y depende principalmente de su concentración en la leche cruda. Estudios recientes demuestran que el pastoreo así como la alimentación de las vacas con forrajes frescos son determinantes en el aumento de los ácidos grasos insaturados de cadena larga en la leche entre ellos el CLA, lo cual da por resultado una disminución en el contenido de ácidos grasos saturados de cadena corta (Innocente *et al.*, 2002) por lo que posiblemente el contenido de CLA en el queso es afectado por las características específicas de la leche utilizada en su elaboración (Prandini *et al.*, 2001, 2007). El uso de SSPi en la alimentación del ganado lechero posiblemente resulte en una mayor concentración de CLA en la leche y los quesos que se producen, pues éste sistema se caracteriza por emplear forrajes frescos. Los SSPi se basan en la asociación de gramíneas y leguminosas, esta última sembrada a altas densidades >35,000 plantas ha⁻¹, lo cual genera durante el año una mayor producción y disposición forrajera destinada a la alimentación animal (Murgueitio e Ibrahim, 2008; Yamamoto *et al.*, 2007). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar el perfil de ácidos grasos y el contenido de ácido graso linoleico y linolénico del queso artesanal Tepeque y el comportamiento que presenta durante 10, 45, 80 y 165 días de maduración.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. DEFINICIÓN DE AGROFORESTERÍA

Los sistemas agroforestales son una forma de uso de la tierra en donde las leñosas perenes interactúan biológicamente en un área con cultivos y/o animales; el propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando en principio la sostenibilidad (López, 2007). La agroforestería se considera como la combinación multidisciplinaria de diversas técnicas ecológicamente viables, que implican el manejo de árboles o arbustos, cultivos alimenticios y/o animales en forma simultánea o secuencial, garantizando a largo plazo una productividad aceptable y aplicando prácticas de manejo compatibles con las habituales de la población local (Musálem, 2001).

Así por ejemplo el Silvopastoreo es un tipo de agroforestería que implica la presencia de animales directamente pastando entre o bajo árboles, considerada como una opción de producción pecuaria en donde las leñosas perennes (árboles y/o arbustos) interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) bajo un sistema de manejo integral (Pezo e Ibrahim, 1998).

2.2. SISTEMAS AGROFORESTALES

La conservación del medio ambiente es de vital importancia para la supervivencia de la vida tal y como se conoce actualmente. La agricultura es una práctica humana que ha desvirtuado la relación del hombre con el medio ambiente. La deforestación, contaminación de aguas y suelos son ejemplos del daño ambiental producido por este (Pérez y Huerta, 2002). Hoy en día las actividades ganaderas deben mejorar su eficiencia de producción., eficiencia que debe ser concebida bajo un esquema diferente al tradicional, es decir, mediante sistemas de producción que mantengan o incrementen los rendimientos productivos, pero que conserven los recursos naturales y protejan el medio ambiente (Mahecha y Zoot, 2002).

El objetivo de un sistema agroforestal es diversificar la producción, controlar la agricultura migratoria, aumentar el nivel de materia orgánica en el suelo, fijar el nitrógeno atmosférico, reciclar nutrientes, modificar el microclima y optimizar la producción del sistema, respetando el principio de sistema sostenido (SAGARPA, 1992)

2.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

Los tres principales componentes agroforestales, plantas leñosas perennes (árboles), cultivos agrícolas y animales, definen las siguientes categorías, las cuales se basan en la naturaleza y la presencia de estos componentes:

Sistemas Agrosilvícolas: combinaciones de árboles con cultivos de temporada (anuales o perennes).

Sistemas Silvopastoriles: consiste en alternar árboles y pastizales para sostener la producción animal.

Sistemas Agrosilvopastoriles: consisten en alternar árboles, cultivos de temporada y pastizales para sostener la producción animal.

Leakey (1997) mencionó que las diferentes prácticas agroforestales pueden ser vistas como fases en el desarrollo de un agroecosistema productivo, similar a una dinámica normal de los sistemas naturales., es así que los sistemas agroforestales deben ser considerados como un puente entre la conservación y el desarrollo, perfilándose como una alternativa económicamente factible, socialmente justa y ambientalmente sana.

La clasificación de los sistemas agroforestales toma en cuenta los componentes que lo conforman y la distribución que tienen estos en tiempo y espacio. De acuerdo a los tipos de combinaciones de los componentes que los conforman los sistemas se clasifican en: 1) Sistemas Silvoagrícolas o Agroforestales, 2) Sistemas Agrosilvopastoriles y 3) Sistemas Silvopastoriles (Figura 1).

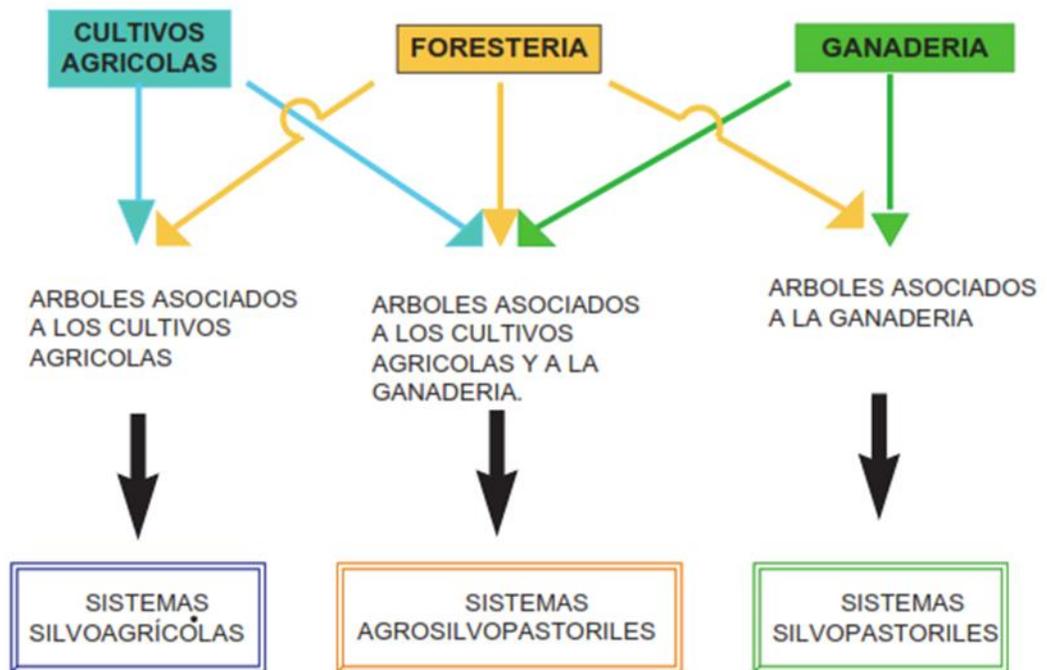


FIGURA 1. Clasificación de Sistemas Agroforestales en función de los componentes que los conforman.

Sistemas Silvoagrícolas

De acuerdo al tiempo y al espacio, los Sistemas Silvoagrícolas se clasifican en: 1) Sistemas Agroforestales secuenciales, 2) Sistemas Agroforestales simultáneos y 3) Cercas vivas y cortinas rompe vientos (Camacho, 1992; Mantagnini, 1992; Musálem, 2001).

1) *Sistemas Agroforestales secuenciales*: denominados de esta forma, debido a que existe una relación cronológica entre las cosechas anuales y los productos arbóreos, encontrando: a) Sistema de Agricultura migratoria y b) Sistema Taungya.

a) Sistema de Agricultura migratoria: comprende sistemas de subsistencia orientada a satisfacer las necesidades básicas de los alimentos, combustible y habitación. Considerado

ocasionalmente como una fuente de ingresos por medio de la venta de los excedentes de los productos (López, 2007).

b) Sistema Taungya: siembra de cultivos durante la fase de establecimiento de plantaciones forestales, este sistema permite una mejor utilización del espacio y del suelo, mejor protección del mismo y reduce el costo de la limpieza de las plantaciones establecida sin agricultura (Jiménez y Muschler, 2001).

2) *Sistemas Agroforestales simultáneos*: consisten en la siembra de cultivos, árboles y/o ganadería, en forma simultánea y continua, donde los árboles compiten principalmente por luz, agua y minerales. En estos sistemas se incluyen asociaciones de árboles en franjas en asociación con cultivos anuales, huertos caseros y Sistemas Agrosilvopastoriles.

3) *Cercas vivas y cortinas rompevientos*: llamadas de esta forma debido a las plantaciones en línea de árboles y arbustos en los límites de las parcelas, con el objetivo principal de impedir el paso de los animales (para salir del potrero o entrar a la parcela cultivada). Las especies arbóreas que más se emplean para este tipo de sistemas son: cocoite (*Gliricidia sepium*), huaxin (*Leucaena leucocephala*), y colorín (*Erythrina poeppigiana*), guaje.

Cortinas rompevientos: son plantaciones en línea con el objetivo principal de proteger las parcelas cultivadas, pastos y animales contra los efectos nocivos del viento, diferenciándose de las cercas vivas por tener un mayor tamaño los árboles que la conforman (Camacho, 1992)

Sistemas Agrosilvopastoriles

Un Sistema Agrosilvopastoril, es una combinación de tecnologías tradicionales y modernas que se han sistematizado con el fin de ofrecer una alternativa sostenible. Estos sistemas se refieren al manejo integrado del conjunto de procesos productivos al interior de la unidad de producción así como a las prácticas de conservación relacionadas con el aprovechamiento de los recursos

naturales (CATIE, 1993). Dentro de este tipo de sistema se incluyen: árboles con pastura, pastura en bosques de regeneración natural, árboles forrajeros, plantaciones agrícolas (cocotero, hule, frutales) con cultivos y pasturas.

Sistema Silvopastoril

Los Sistemas Silvopastoriles son una modalidad de los Sistemas Agroforestales, definidos como una forma de cultivo múltiple en las que se cumplen tres condiciones fundamentales: 1) existen, al menos, dos especies de plantas que interactúan biológicamente, 2) al menos uno de los componentes es una leñosa perenne, y 3) uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas, incluyendo pastos (Somarriba, 1990)

El Sistema Silvopastoril suele ser considerado como un sistema de producción, donde el componente biológico consta de: árboles y/o arbustos leguminosos (naturales o plantados con fines maderables e.g., pinos), pastos, animales, suelos y subsuelos, existiendo un mayor número de asociaciones entre los componentes (Avendaño y Acosta, 2000; Palma, 2005). Los Sistemas Silvopastoriles han demostrado ser una alternativa para los sistemas de producción ganadera debido a los efectos positivos que tiene este sobre el suelo (incremento de la fertilidad del mismo, mejorando la estructura y disminuyendo los procesos de erosión., fijación de Nitrógeno y profundización de las raíces de los árboles). Al mismo tiempo de que promueve la biodiversidad, originando tres tipos de estratos: a) el estrato superior, integrado por un número determinado de árboles repartidos uniformemente, además de proporcionar una media sombra que favorece la creación de un micro-clima en el cual se mantienen los forrajes de calidad por periodos prolongados, también ayudan con la extracción de nutrientes del subsuelo y producen frutos y follaje con una buena calidad nutricional (Murgueitio, 2005); b) el estrato medio, integrado por árboles y arbustos esenciales para el ramoneo, constituyendo un componente forrajero importante formado de una combinación de leguminosas (eg., *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*,

Sesbania spp, *Erythrina bertetoana*) y de plantas con follaje de alta calidad (e.g., *Morus alba*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Malvaviscus arboreus*, *Trichanthera gigantea*) y c) el estrato bajo o herbáceo, representado por pastos (eg., *Panicum máximum*, *Paspalum spp*, *Brachiaria spp*, *Setaria spp*), leguminosas (*Arachis pintoii*, *Stylosanthes guianensis*, etc) y demás vegetación (Avendaño y Acosta 2000).

Gracias a esto es posible avanzar en la construcción de un modelo de productividad sostenible que aproveche el potencial de los Agroecosistemas de las diferentes regiones para ofertar bienes e ingresos, teniendo en cuenta que los Sistemas Silvopastoriles permiten mejorar la calidad de la dieta y la producción bovina (Mahecha *et al.*, 1999). Estos sistemas son una verdadera oportunidad para promover el desarrollo sostenible de grandes regiones rurales latinoamericanas, ofreciendo ventajas económicas y sociales (Murgueitio *et al.*, 2006)

2.4. SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO

Murgueitio *et al.*, (2006) afirman que el Sistema Silvopastoril intensivo (SSPi) es una modalidad de la agroforestería pecuaria, con producción de alta calidad y amigable con el medio ambiente caracterizándose por tener altas densidades de arbustos forrajeros como la acacia forrajera *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit u otros como el Botón de oro *Thitonia diversifolia* (Hemls) más de 10 mil plantas por hectárea, asociadas a pastos mejorados de alta producción de biomasa y árboles maderables nativos o introducidos bajo modelos de pastoreo rotacional intensivo.

Los SSPi permiten producir más leche, carne y mejor reproducción del ganado en forma estable en el tiempo, con reducción en los costos de producción al no requerir insumos cada vez más costosos como los fertilizantes por la elevada fijación y transferencia de nitrógeno y herbicidas. Se ha reportado que el silvopastoreo aumenta la diversidad faunística, fomentando depredadores,

especialmente insectos y aves que atacan plagas, siendo el ecosistema menos susceptible a estos.

2.4.1. Principales especies empleadas y sus características

Leucaena leucocephala (Lam) de Wit. subsp. *glabrata*, también denominada como guaje blanco; Huaje; Vaxi ; Yage etc. Es un árbol o arbusto caducifolio de 3 a 6m de altura., posee una copa redondeada, ligeramente abierta y rala. Es una especie de amplia distribución en las regiones tropicales y subtropicales del país. Crece en una amplia variedad de suelos, desde neutros, hasta alcalinos (Zárate, 1987). Tiene una alta capacidad de rebrote después del ramoneo, fortaleza para responder a las podas severas, flexibilidad de las ramas sin desgarre, palatabilidad y alta fijación de nitrógeno atmosférico que beneficia a las gramíneas mejoradas asociadas, como el pasto estrella *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.), *Cynodon nlemfuensis* Vamderyst y guinea *Panicum máximum* Jacq., variedades Tanzania (CIAT 16031) y Mombaza (CIAT 6962) (Espinel *et al.*, 2004)

Tithonia diversifolia (hemsl) Gray. Planta herbácea de la familia *Asteracea*, originaria de Centro América (Nash, 1976). Tiene un amplio rango de adaptación, tolerando condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo. Además de que es una especie con buena capacidad de producción de biomasa, rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo. Presenta características nutricionales importantes para su consideración como especie potencial en alimentación animal (Ríos, 1997).

Panicum máximum Jacq. También denominado como pasto Tanzania, panizo de guinea, zacatón etc. Se encuentra distribuido alrededor de la república mexicana, es una hierba perenne, amacollada y robusta, de 1 a 2.5m de altura. Es una planta muy común y a veces dominante en los trópicos mexicanos.

2.4.2. Efecto de un Sistema Silvopastoril intensivo en la producción láctea

Los cambios sociales (e.g., mantenimiento de pastizales y bienestar animal) y las demandas alimenticias (e.g., sabor y calidad de productos) requieren de sistemas que obedezcan a los deseos del hombre, el Sistema Silvopastoril permite mantener una producción de leche sin necesidad de asumir costos de implantación y mantenimiento del pastizal (Casermeiro *et al.*, 2008) ofreciendo un proceso de producción sustentable. No obstante la importancia de este tipo de sistemas ha recibido poca atención por parte de la investigación agrícola y las instituciones de desarrollo, las cuales tradicionalmente han puesto su atención en los sistemas a escala comercial (Arriaga-Jordán *et al.*, 2001)

Las dietas ofrecidas al ganado lechero por lo regular constan de una combinación de forrajes frescos, pastizales y concentrados comerciales, dependiendo en gran medida de la época del año y la ubicación geográfica. La importancia de la alimentación animal se manifiesta en aspectos tales como su relevancia por constituir el mayor costo para la producción animal (Arriaga-Jordán *et al.*, 2002)

La alimentación animal es la primer pieza de una cadena alimenticia sana para el hombre y el punto de inicio en el que se deben asegurar y controlar los alimentos de origen animal (ASOPROVAC, 2007), por lo que resulta imprescindible que el empleo de un SSPi sea abordado como una estrategia de alimentación adecuada tanto para el ganado como para la economía de las familias campesinas.

Los productos lácteos forman uno de los pilares de la alimentación y, en la actualidad, un gran número de países consideran la producción y abasto de este producto como una prioridad nacional. El término de “alimentos funcionales” generalmente es empleado como una forma de denominar a aquellos alimentos que son benéficos para la salud por su estimado valor nutricional (Bauman *et al.*, 2001). La leche es una fuente importante de nutrientes ricos en energía, proteínas de alta calidad, minerales y vitaminas, siendo recomendada por organismos internacionales de desarrollo considerándola indispensable para la alimentación humana. En México, enfermedades tales como diabetes mellitus y afecciones

cardiovasculares se reportan como la primera causa de muerte (SINAIS, 2009), por lo que la modificación en el perfil de ácidos grasos de la leche a través de la alimentación de vacas lecheras abre un panorama interesante en la producción de alimentos funcionales.

De los componentes de la leche, la grasa es la fracción más variable, su síntesis es afectada por diversos factores, especialmente nutricionales y ambientales. Éste componente es el que contribuye en mayor proporción al contenido energético e influye de manera importante en las propiedades físicas, características de procesado y calidad organoléptica de la leche y productos lácteos; al mismo tiempo, representa el mayor costo en la producción de la leche y es determinante de la productividad y el rendimiento (Palmquist *et al.*, 1993). Mediante la manipulación de la dieta del animal, principalmente mediante el pastoreo de forrajes frescos, es posible modificar el rendimiento y perfil de ácidos grasos de la grasa butírica (Elgersma *et al.*, 2006)

2.5. Componentes de la leche de vaca

La investigación en producción de leche se había concentrado en incrementar la producción y la eficiencia productiva, con menos atención en el perfil de nutrientes; actualmente la calidad nutricional ha cobrado importancia debido a que cada vez existe un mayor número de consumidores que relacionan el consumo de diversos productos en la dieta con su salud. En este sentido, la leche y los derivados lácteos son recursos importantes de nutrientes, ya que proporcionan energía, proteína de alta calidad, vitaminas y minerales (Bauman *et al.*, 2006)

La leche de vaca está compuesta principalmente por agua (87%), proteínas (caseína, globulina y albúmina) (3.4%), lactosa (4.6%), enzimas (fosfatasa, catalasa, xantinoxidasa, reductasa, peroxidasa y lipasa) y grasas (4.2%) (Lindmark, 2001) es también una fuente primaria de vitaminas (0.1%) incluyendo las B12, B6, riboflavina, niacina y minerales (0.8%) como zinc, fosforo y calcio (NRC, 1981; Bauman *et al.*, 2001; Lindmark, 2001). Además la leche de vaca

contiene del 2 al 5% de lípidos con 70% de ácidos grasos saturados y 30% de insaturados (Jensen, 2002)

Las características físicas y químicas de la leche varían de acuerdo a factores asociados con el animal (raza, nivel de producción, número de lactación, edad, estado sanitario); condiciones de manejo (alimentación, ordeño, alojamiento) y los relacionados con el ambiente (estación del año, clima) (Lindmark, 2001; Walstra *et al.*, 1999; Jenkins y McGuire, 2006)

2.5.1. Perfil de ácidos grasos en la leche

La grasa es percibida actualmente como el más dañino de todos los nutrientes en la alimentación humana, pues se le relaciona con la obesidad, enfermedades cardiovasculares y cáncer; sin embargo constituye gran parte de la energía de los macronutrientes, jugando un papel importante en el aseguramiento del aporte de los requerimientos diarios de energía y permitiendo la absorción de vitaminas liposolubles y carotenoides (Lunn y Theobald, 2006). Los lípidos en la leche bovina otorgan una característica de emulsión (aceite en agua) (MacGibbon y Taylor, 2006) esta propiedad es originada en el retículo endoplásmico por las células epiteliales de los alvéolos (Lindmark, 2008).

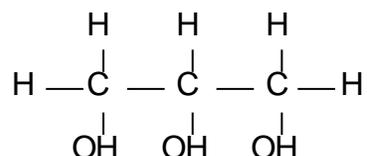
La leche contiene aproximadamente 400 diferentes tipos de ácidos grasos, lo que la convierte en una grasa natural compleja, aunque de acuerdo con otros autores (Hermansen, 1995), éste número puede llegar a 500, de los cuales sólo han sido estudiados entre 15 y 20. Los ácidos grasos provienen de dos vías: de la alimentación del ganado y de la actividad microbiológica del rúmen de la vaca (Parodi, 2004). Existen diversos factores relacionados con el contenido total de ácidos grasos en la leche (Jensen, 2000; Palmquist *et al.*, 1993), ya sean de origen animal i.e. afín con la genética (nacimiento o selección), etapa de lactación, mastitis y fermentación ruminal., o aquellos relacionados con la alimentación.

Actualmente cerca del 2% del total de ácidos grasos (AG) en la leche son poliinsaturados (PUFA) y 70% son grasas saturadas, sin embargo menos del 40%

de dichas grasas son consideradas como poco saludables., estos valores pueden ser modificados cambiando la alimentación animal (Chilliard *et al.*, 2001). La nutrición en el ganado bovino es un factor predominante para la realización de este estudio debido a que representa una herramienta práctica en la alteración del rendimiento y la composición de los ácidos grasos de la grasa de la leche (Bauman *et al.*, 2006)

En la leche, los AG's aparecen en forma de triglicéridos, que consisten en tres AG's asociados a una molécula de glicerol (Figura 2). Los triglicéridos representan entre 95 y 98% del total de la grasa de la leche y la mayoría de ellos tienen AG's que pueden contener de 4 a 18 átomos de carbono. En la sangre, una parte mínima de AG's es convertida en fosfolípidos, colesterol, ésteres de colesterol, mono y diglicéridos, el resto queda en forma de AG's libres (Lunn y Theobald, 2006)

Figura 2. Estructura de una molécula de glicerol.



La modificación del perfil de ácidos grasos de la grasa de la leche ha ganado un interés creciente debido a que el consumo de ácidos grasos saturados (AGS), especialmente el ácido mirístico (C14:0) y el ácido palmítico (C16:0), pueden inducir a la hipercolesterolemia en el humano. Se cree que el ácido láurico (C12:0), el C14:0 y el C16:0 elevan los niveles de colesterol total, mientras que el ácido esteárico (C18:0) tiene un efecto relativamente neutro (Grundy y Vega, 1998)

En comparación con los ácidos grasos de cadena corta y media, los rumiantes sintetizan muy pocos ácidos grasos de cadena larga (C18) que son deseables en

la leche. Entre 75 y 90% del ácido linoleico y de 85 a 95% de ácido linolénico son biohidrogenados en el rúmen. En el forraje predomina el ácido linolénico mientras que el grano de maíz contiene principalmente ácido linoleico.

Los ingredientes comúnmente utilizados en la preparación de los concentrados con frecuencia están basados en productos de plantas y son bajos en grasa. En algunos productos especiales para la alimentación de rumiantes, los ácidos grasos son protegidos contra la biohidrogenación ruminal (Elgersma *et al.*, 2006)

2.5.2. Química de los ácidos grasos

Los ácidos grasos son cadenas hidrocarbonadas de longitud variable que van de 2 a 80 carbonos, pero los que comúnmente se encuentran en los alimentos tienen cadenas de 14, 16, 18, 20 y 22 átomos de carbono. En un extremo tienen un grupo carboxilo (COOH) y en el otro un grupo metilo (CH₃). La longitud de la cadena de carbonos tiene influencia en las características de los ácidos grasos, tales como la presencia o ausencia de cadenas dobles entre átomos de carbono (Ruiz, 2009)

De manera general, los AG's se pueden clasificar en diversas categorías, tomando en cuenta diversos criterios como la longitud de cadena, su origen o bien el grado de saturación (Osborn y Akoh, 2002):

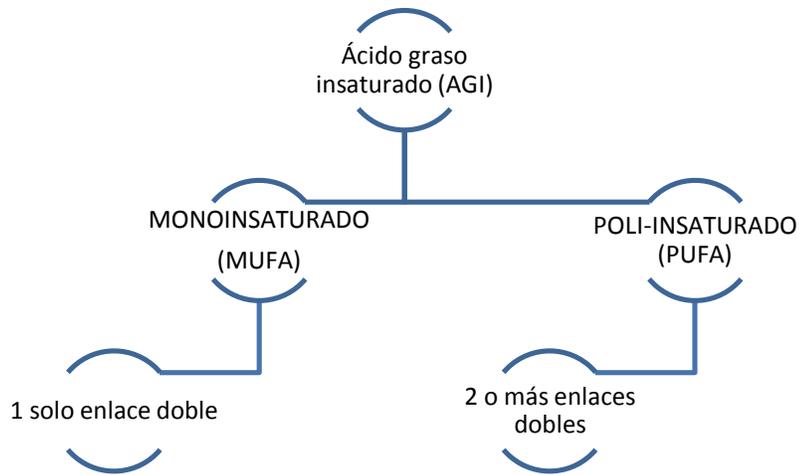
***AG de cadena corta** (AGCC o SCFAs por sus siglas en inglés), de 2 a 6 carbonos, también conocidos como ácidos grasos volátiles.

***AG de cadena media** (AGCM o MCFAs por sus siglas en inglés), de 7 a 12 carbonos.

***AG de cadena larga** (AGCL o LCFAs por sus siglas en inglés), de 14 a 20 carbonos. (Cuadro 1)

Existe otra clasificación, la cual se encuentra relacionada con el grado de saturación de los ácidos grasos, pudiendo ser saturados (no poseen enlaces dobles) o insaturados (que poseen enlaces dobles), estos últimos se subdividen como se menciona a continuación: (Figura 3)

Figura 3: Composición de los ácidos grasos insaturados



(Chong *et al.*, 2006)

El nombre que reciben los AG's está determinado por el número de carbonos y el número de enlaces dobles presentes en la cadena hidrocarbonada. En el caso de los AGI existen características que deben ser designadas para su correcta identificación.

CUADRO 1: Principales ácidos grasos

NOMBRE IUPAC	NUMERO LIPIDICO	NOMBRE TRIVIAL	TIPO DE ACIDO GRASO
Ácido propanoico	C3:0	Ácido propiónico	Cadena corta
Ácido butanoico	C4:0	Ácido butírico	Cadena corta
Ácido pentanoico	C5:0	Ácido valérico	Cadena corta
Ácido hexanoico	C6:0	Ácido caproico	Cadena corta
Ácido heptanoico	C7:0	Ácido enántico	Cadena media
Ácido octanoico	C8:0	Ácido caprílico	Cadena media
Ácido nonanoico	C9:0	Ácido pelargónico	Cadena media
Ácido decanoico	C10:0	Ácido cáprico	Cadena media
Ácido undecanoico	C11:0	Ácido Undecílico	Cadena media
Ácido dodecanoico	C12:0	Ácido láurico	Cadena media
Ácido tridecanoico	C13:0	Ácido tridecílico	Cadena larga
Ácido tetradecanoico	C14:0	Ácido mirístico	Cadena larga
Ácido pentadecanoico	C15:0	Ácido pentadecílico	Cadena larga
Ácido hexadecanoico	C16:0	Ácido palmítico	Cadena larga
Ácido heptadecanoico	C17:0	Ácido margárico	Cadena larga
Ácido octadecanoico	C18:0	Ácido esteárico	Cadena larga
Ácido nonadecanoico	C19:0	Ácido nonadecílico	Cadena larga
Ácido eicosanoico	C20:0	Ácido Araquídico	Cadena larga
Ácido heneicosanoico	C21:0	Ácido heneicosílico	Cadena muy larga
Ácido decosanoico	C22:0	Ácido behénico	Cadena muy larga
Ácidotricosanoico	C23:0	Ácidotricosílico	Cadena muy larga
Ácido tetracosanoico	C24:0	Ácido lignocérico	Cadena muy larga

2.5.3. Ácido linoleico conjugado (CLA)

Se refiere a una mezcla de isómeros posicionales y geométricos del ácido linoleico con dobles enlaces conjugados. Las dos formas (isoméricas) del CLA que han sido estudiadas son *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12. Parodi (1977) fue el primero en demostrar la presencia del *cis*-9, *trans*-11 CLA en la grasa de la leche, siendo

este el isómero principal, representando cerca del 75-85% del total de CLA en la grasa de la leche. El CLA ha demostrado tener una serie de efectos positivos para la salud en estudios biomédicos con animales de experimentación (NRC, 1996; Ip *et al.*, 1999). Estos incluyen la supresión de la carcinogénesis (Belury, 1995; Ip *et al.*, 1994), disminución del riesgo de cáncer de próstata y cáncer de mama, mejora de la mineralización ósea, y redistribución de la grasa corporal lo que repercute en el problema de la obesidad (Palmquist *et al.*, 2005), modulación del sistema inmune (Cook *et al.*, 1993) y reducciones en la aterogénesis (Nicolosi *et al.*, 1997) y diabetes (Houseknecht *et al.*, 1998)

A diferencia de la mayoría de los compuestos anticancerígenos, el CLA puede reducir la incidencia de tumores y servir como un agente citotóxico contra las células tumorales existentes (Belury, 1995; Parodi, 1997; Scimeca *et al.*, 1994)

El isómero CLA específico, responsable de estos efectos biológicos no ha sido establecido claramente, sin embargo el CLA *cis-9, trans-11* es considerado como un elemento clave en los efectos anticancerígenos (Ha *et al.*, 1990; Ip *et al.*, 1991)

El CLA es un intermediario en la biohidrogenación de ácido linoleico, el CLA en rumiantes se origina a partir de la biohidrogenación incompleta de grasas insaturadas por las bacterias del rúmen (Kelly *et al.*, 1998). Sin embargo, trabajos recientes han demostrado que las vacas también pueden sintetizar CLA a partir del ácido vaccénico (*trans-11* octadecenoico), otro intermediario en el proceso de la biohidrogenación ruminal (Griinari *et al.*, 1998b). El principal isómero del CLA en productos alimenticios de rumiantes es el *cis-9, trans-11*, aunque otros isómeros del CLA están presentes y estos pueden variar bajo diferentes condiciones en el rúmen (Griinari *et al.*, 1997a; Ha *et al.*, 1989)

La concentración del CLA en la grasa de la leche es de 3-6 mg/g, sin embargo los niveles del mismo pueden variar de acuerdo a la raza del ganado (Kelly y Bauman, 1996; Reil, 1963), los factores específicos que causan estas variaciones no han sido investigados a fondo. Griinari *et al.*, (1996) demostraron en estudios anteriores que la concentración de grasa de leche del CLA era dependiente de la

presencia de la grasa insaturada en la dieta, y que las concentraciones del CLA aumentaron cuando se adicionó aceite de maíz a la dieta (McGuire *et al.*, 1996)

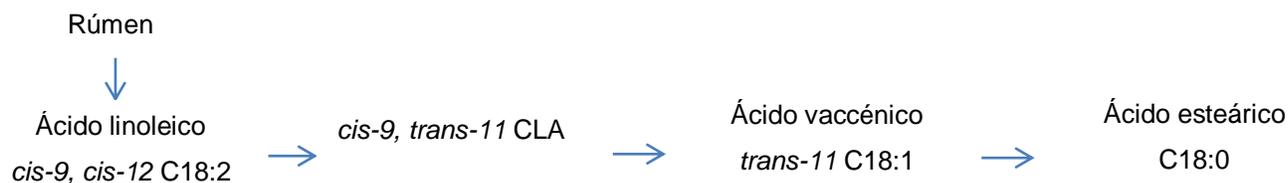
2.5.4. Biosíntesis del CLA

La composición lipídica de los forrajes se encuentra conformada en gran parte por glicolípidos y fosfolípidos, donde los ácidos grasos principales son dos ácidos grasos insaturados, siendo estos el ácido linoleico (C18:2) y el ácido linolénico (C18:3) (Bauman *et al.*, 1999)

Al momento en el que el rumiante consume una dieta rica en grasa y energía, da inicio a dos procesos importantes en el rúmen. La transformación inicial es la hidrólisis de las uniones éster, catalizados por las lipasas microbiales y generar ácidos grasos libres. Este primer paso es un pre-requisito para la segunda transformación, siendo esta la biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados por las bacterias del rúmen.

La isomerización del *cis-12* de enlace doble representa el primer paso de este proceso dando como resultado la formación del *cis-9, trans-11* CLA. La segunda reacción es una reducción del *cis-9, trans-11* CLA a *trans-11* C18:1, el paso final es nuevamente una reducción a ácido esteárico (C18:0). (Harfoot y Hazlewood, 1988) (Figura 4)

Figura 4: Esquema de la biosíntesis del CLA



2.6. Antecedentes de biohidrogenación ruminal

La conversión de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) a ácidos grasos saturados (SFA) tiene implicaciones importantes en la salud humana. La transformación de PUFA a SFA (biohidrogenación) y la transformación de CLA, es catalizada por los microorganismos que habitan en el rúmen. La Organización Mundial de la Salud (por sus siglas en inglés WHO) (1994) ha recomendado que el total de grasa, SFA y trans-FA debe contribuir <15% y el 30%, <10% y <1% de la ingesta energética total, respectivamente.

El CLA se encuentra presente en mayor concentración en los productos de rumiantes que en aquellos que no son rumiantes, o en aceites vegetales (Chin *et al.*, 1992) a medida que se produce a partir de la biohidrogenación parcial de ácido linoleico (LA) y ácido linolénico (LNA) en el rúmen por los microorganismos ruminales (Chilliard *et al.*, 2007)

2.6.1. Microorganismos ruminales

El rúmen es un órgano donde se almacena en forma parcial el forraje y cereales entre otros alimentos consumidos por las vacas, este material mezclado con otros residuos no digeridos se mantiene a una temperatura y presión osmótica constante. El pH oscila de 6 a 7 por una acción tipo Buffer, atribuida en primer lugar a la gran secreción de saliva (conformada por bicarbonato de sodio, potasio y urea), en segundo lugar por la absorción de ácidos a través de la pared ruminal y en tercer lugar por el amoníaco (Escobosa y Ávila, 2010)

Los principales miembros de la comunidad microbiana son bacterias (10^{10} a 10^{11} /ml), arqueas, protozoos (10^2 a 10^6 /ml) y hongos. Las bacterias son las más abundantes, seguidos de arqueas (las productoras de CH_4), ciliadas protozoos y en menor número los hongos anaeróbicos., estas diferentes especies tienen diferentes roles, que interactúan y son esenciales para el sostenimiento de la comunidad microbiana y su actividad colectiva. Siendo un ejemplo de esto encontramos a la bacteria gram-positiva *Butyrivibrio fibrisolvens* que juega un

papel clave en la digestión de las fibras, aunque también muchas cepas son proteolíticas (Escobosa y Ávila, 2010)

Por otra parte, los protozoarios desempeñan un papel primordial en la biohidrogenación, pero diversos estudios revelan que las bacterias son las principales, siendo las celulolíticas las más involucradas en el proceso de biohidrogenación de los AG (Harfoot y Hazlewood, 1997; Martín y Jenkins, 2002)

2.6.2. Biohidrogenación per se

El sustrato principal de los AG's para la biohidrogenación en animales de pastoreo es el LNA (*cis-9, cis-12, cis-15 C18:3*), ya que es el AG más abundante presente en los glicolípidos y fosfolípidos de las hierbas y otros forrajes. El metabolismo de los AG's en el rúmen implica la formación transitoria del CLA, principalmente *cis-9, trans-11 C18:2* o ácido ruménico, que después se convierte en ácido vaccénico (VA), y, finalmente, ácido esteárico (C18:0). El LNA se metaboliza de una manera similar, aunque, como hay tres dobles enlaces que se reduzcan en las vías es ligeramente más complicado (Harfoot y Hazlewood, 1997). La biohidrogenación sirve como protección a los microorganismos de los efectos tóxicos de los ácidos grasos insaturados (Jenkins, 1993)

En la lipólisis, los lípidos esterificados ingeridos se hidrolizan rápidamente por acción de las lipasas microbianas, producidas por bacterias; *Anaerovibrio lipolytica* es considerada la de mayor importancia como agente lipolítico en el rúmen (Henderson, 1975). Aunque, también los protozoos (Harfoot y Hazlewood, 1988) liberan ácidos grasos.

Después del proceso de lipólisis, tiene lugar la biohidrogenación, con ésta se reduce el número de enlaces dobles (Jenkins, 1993)

La biohidrogenación ruminal de los ácidos linoléico y linolénico da lugar al ácido linoléico conjugado (CLA *cis-9, trans-11 C18:2*) de la leche y sus derivados. En la biohidrogenación del ácido linoléico (*cis-9, cis-12 C18:2*) se observan tres pasos:

1. Reacción de isomerización: convierte el enlace doble en la posición *cis-12* del ácido graso insaturado en isomería *trans-11* (Jenkins, 1993) por una enzima isomerasa, formando el CLA. La isomerasa no es funcional a menos que los ácidos grasos tengan un grupo carboxilo libre; en el caso de los ácidos grasos poliinsaturados, como el linoléico, la configuración de enlace doble está presente (Kepler *et al.*, 1970)

2. Acción reductasa sobre el enlace doble *cis-9, trans-11* C18:2 a *trans-11* C18:1 (ácido *trans* vaccénico), precursor del ácido ruménico (RA por sus siglas en inglés) en la glándula mamaria.

En el caso del ácido linoléico, se tienen en consideración dos isómeros de tipo *cis*-, el ácido α -linoléico (*cis-9, cis-12, cis-15* C18:3) y el ácido γ -linoléico (*cis-6, cis-9, cis-12* C18:3). Ambos son isomerizados en el enlace doble *cis-12*, seguido de una reducción de los enlaces dobles *cis* hasta la formación del C18:1 *trans-11*.

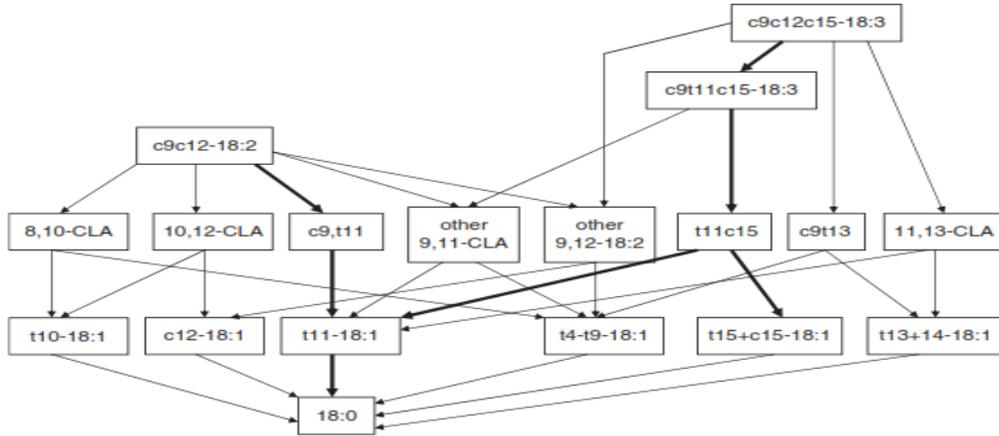
3. Acción reductasa del doble enlace *trans-11* del ácido vaccénico originando ácido esteárico (C18:0) totalmente saturado. La isomerización inicial produce probablemente isómeros C18:1 *trans-10* además del *trans-11* (Griinari y Bauman, 1999)

Se considera que los dos primeros pasos de la biohidrogenación son rápidos, mientras que el tercero tarda en completarse (Harfoot y Hazlewood, 1997), por lo que en el rúmen puede tener lugar un incremento en la concentración del producto intermedio (TVA), lo que permite que esté más disponible para su posterior absorción en el intestino.

La biohidrogenación del ácido linoléico (*cis-9, cis-12, cis-15* C18:3) también produce *trans*-C18:1. La primera reacción es una isomerización produciendo *cis-9, trans-11, cis-15* C18:3, seguida por una hidrogenación produciendo *trans-11, cis-15* C18:2. Éste último puede ser hidrogenado a *trans-11, trans-15, o cis-15* C18:1. Los ácidos grasos *trans-15* y *cis-15* C18:1 son considerados productos finales de

la biohidrogenación porque es probable que no sean hidrogenados más adelante (Harfoot y Hazlewood, 1997) (Figura 5)

Figura 5: Vías de biohidrogenación en el rúmen



3. JUSTIFICACIÓN

En México la producción de leche basada en un Sistema Silvopastoril es relativamente nueva por lo que la base tecnológica de este sistema aún no es completamente conocida, tampoco se conocen los efectos sobre la calidad de la leche y los quesos. En el presente estudio se plantea la importancia de determinar el efecto de un sistema de alimentación Silvopastoril sobre el perfil de ácidos grasos de un queso artesanal, ya que se sabe que mediante la manipulación en la dieta del animal (pastoreo de forrajes frescos), es posible modificar el rendimiento y perfil de ácidos grasos de la grasa de la leche de bovinos y por consiguiente en el queso (Elgersma *et al.*, 2006), sin embargo este estudio nunca se ha llevado a cabo en Sistemas Silvopastoriles de regiones de clima tropical. Se estima que un sistema como el que se plantea en el presente estudio puede aumentar el contenido de ácidos grasos de cadena larga, en particular aquellos que son benéficos para la salud del consumidor como el linoleico y linolénico, de ahí la importancia de llevar a cabo este trabajo.

4. HIPÓTESIS

El empleo de un Sistema Silvopastoril Intensivo basado en el uso de *Leucaena leucocephala* y pasto Tanzania (*Panicum máximum*) modifica el contenido de ácido linoleico y linolénico en el Queso Tepeque de Michoacán.

5. OBJETIVOS

GENERAL

Determinar el contenido de ácidos grasos en el queso artesanal Tepeque elaborado en el Valle de Tepalcatepec producido en dos sistemas, el Sistema Silvopastoril intensivo y el Sistema Tradicional.

ESPECÍFICOS

1. Determinar si el empleo de un Sistema Silvopastoril intensivo genera un aumento del contenido de ácidos grasos de cadena larga.
2. Comparar el contenido de los ácidos grasos en el queso artesanal Tepeque en cuatro periodos de maduración.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Localización geográfica del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el Estado de Michoacán, el cual se localiza en la región Centro Occidente de la República Mexicana. Teniendo como coordenadas extremas: 19° 11´de latitud Norte, 102° 51´de longitud Oeste y una altitud de 370 msnm (INEGI, 2009)

Características del área de estudio

El valle de Tepalcatepec posee un clima seco o estepario, con una temperatura media mayor de 22°C, régimen de lluvias de verano con una precipitación anual de 634mm. La vegetación nativa circundante corresponde a la selva baja caducifolia.

6.2. Sistema de alimentación

Los SSPi empleados en la producción de leche se basan en la utilización de una gramínea y una leguminosa sembrada a altas densidades, en este caso *Leucaena leucocephala* y Pasto Tanzania (*Panicum máximum*) adicionando 1.5 kg de concentrado comercial a la dieta. Para el Sistema Tradicional (ST) se empleó Pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) adicionando 6 kg de concentrado comercial, el cual estuvo constituido por soya, sorgo, mazorca de maíz y pulido de arroz en ambos casos.

6.3. Elaboración del queso artesanal

El proceso de elaboración del queso artesanal Tepeque consiste en la recepción de la leche cruda y entera, la cual posee un pH 6.3 a 6.7 y una temperatura de 32°C, a la cual se le adiciona cuajo natural o bien cuajo líquido enzimático (15ml/100 L) disuelto en agua, otorgando un tiempo de reposo (cuajado de la leche) de 45 min. Posterior a este tiempo se realiza un corte fino de la cuajada dejando reposar nuevamente por 30 min generando con esto una sedimentación

de la cuajada. Una vez transcurrido el tiempo se procede a realizar diversos cortes a la cuajada generando así un desuerado por auto-presión dando un tiempo para este proceso de 2hrs. Concluido este tiempo se procede a realizar el “salado” del queso, añadiendo sal gruesa de Colima (sin refinar), proceso en el cual se da un ligero amasado y moldeado del producto.

Dicho producto es prensado en un molde recubierto con tela de yute, dando un tiempo de reposo de 16hrs, posteriormente se procede al desorillado y se voltea dejándolo orear durante 8 días (Solís *et al.*, 2013) (Cuadro 2)

Cuadro 2. Tipos de maduración del queso Tepeque

TIEMPO DE MADURACIÓN	DENOMINACIÓN DEL QUESO	COLOR / TONO
8 días a un mes	Queso oreado	Blanco / crema
2 a 6 meses	Queso madurado	Beige
Más de 6 meses	Queso añejo	Beige / ocre

(Castelán *et al.*, 2012)

6.4. Muestras de queso artesanal Tepeque

Los quesos artesanales empleados en el presente estudio fueron elaborados en el mes de enero del 2013 teniendo un peso promedio de 3kg cada uno, los 48 quesos se dividieron en cuatro grupos, uno para cada periodo de maduración (P1=10, P2=45, P3=80 y P4=165 días) correspondiendo 12 quesos para cada periodo (6 quesos para cada sistema). Una vez que los quesos alcanzaron el tiempo de maduración fueron analizados para determinar su perfil de ácidos grasos. (Cuadro 3)

Las vacas en el SSPi pastorearon en praderas de pasto Tanzania (*Panicum máximum*) y *Leucaena leucocephala* sembrada en hileras con separación entre ellas de 1.6m y a una densidad de 35,000 plantas ha-1 (Bacab y Solorio, 2011) Las vacas en el ST permanecieron en praderas de pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) y fueron suplementadas con 6 kg de concentrado comercial.

Cuadro 3. Denominación del queso de acuerdo al tiempo de maduración

FECHA DE ELABORACIÓN	PERIODO	TIEMPO DE MADURACIÓN	DENOMINACIÓN DEL QUESO
4 Enero 2013	1	10	Oreado
4 Enero 2013	2	45	Maduro
4 Enero 2013	3	80	Maduro
4 Enero 2013	4	165	Maduro

(Castelán *et al.*, 2012)

Toma de muestra

El método de muestreo de los quesos se llevó a cabo de acuerdo con la norma FIL-IDF 50B:1985, la primer toma de muestra se realizó en el mes de enero y la última se realizó en el mes de mayo. El muestreo se realizó tomando 250grs de queso empleando la técnica por corte de un sector, la cual considera la forma, masa, tipo y grado de madurez del queso.

Para la toma de muestras y en este caso en particular no es de importancia saber la edad de la vaca, etapa de lactación, número de partos o raza de la misma, dado a que no tienen algún tipo de influencia dentro de este estudio.

6.5. Análisis de laboratorio

Para la realización de los análisis, cada muestra se colocó en un mortero según Van Gulik, con el fin de obtener una masa homogénea finamente dividida agregando poco a poco 40grs de sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4). Para la determinación del contenido de materia grasa se siguió el método de referencia FIL-IDF 5B:1986, el cual se basa en la digestión y posterior extracción de una porción de la muestra con éter de petróleo (70ml) mediante el empleo de un equipo Soxhlet (A-50270 Scorpion Scientific), la eliminación de este disolvente ocurre por destilación, este principio se conoce como el método gravimétrico basado en el principio de Schmid-Bondzynski-Ratzlaff (SBR).

Derivatización de los ácidos grasos

El proceso de derivatización de los ácidos grasos se realizó de acuerdo con Zlatanov *et al.*, (2002). Este se realizó de acuerdo a la ISO 15885:2002 (IDF 184:2002), Milk fat-determination of the fatty acid composition by gas-liquid chromatography. Para este proceso se pesaron .025mg de la grasa extraída, colocando la misma dentro de un tubo eppendorf con ayuda de una espátula, una vez finalizado el pesaje de las muestras se colocaron en el congelador (-20°C). Por otro lado, se preparó una “potasa” (hidróxido de potasio 0.5g + 5ml de metanol), empleando una parrilla para la disolución perfecta del hidróxido. Posteriormente se sacaron las muestras del congelador y se agregaron 200µl de hexano, agitando las muestras en el vortex hasta disolver la grasa y agregando 50µl de potasa, agitando nuevamente y congelando por 5 minutos. Transcurrido el tiempo, se agregó sodio dihidrogenofosfato y se agitaron una por una las muestras. Para finalizar el proceso, las muestras se centrifugaron a 14,000 rpm/5min. Finalizado el tiempo se tomaron 100µl de cada tubo (muestra) y se colocaron en un vial ámbar agregando 400µl de hexano como paso final.

Análisis por cromatografía de gases

Una vez realizado el proceso de derivatización se procedió a colocar las muestras en el cromatógrafo de gases GC-2010 Plus marca Shimadzu. Donde se manejó una columna capilar (SP-2380, 30m x 0.25mm y 0.20µm de espesor), empleando Nitrógeno como gas acarreador. La temperatura del inyector fue de 220°C y del detector 260°C. Se inyectó 1µl de muestra de ácidos grasos, considerando una temperatura inicial de 100°C/3min (elevada 15°C/min), 140°C/4min (elevada 4°C/min), 195°C/2min (elevada 8°C/min) hasta llegar a una temperatura final de 220°C/15min.

6.6. Diseño experimental y análisis estadístico

En el presente estudio se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x4 donde se consideró sistema de alimentación (tratamiento) y el tiempo de maduración., con la siguiente formula general lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + (T_i * B_j) + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = variables respuesta

μ = media general

T_i = efecto debido al sistema de alimentación (i= 1 : 2)

B_j = efecto debido al periodo de maduración (j= 1 : 4)

$(T_i * B_j)$ = efecto debido a la interacción entre el sistema de alimentación por el periodo de maduración

e_{ij} = error residual

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza y la diferencia entre medias se calculó mediante la prueba de Tukey. Se utilizó el modelo general lineal de MINITAB v13 para el análisis de resultados.

7. RESULTADOS



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

El Cerrillo Piedras Blancas a 28 de mayo de 2015

SR. JOSE FELIX CHAVEZ PÉREZ
ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION
EDITOR GENERAL
PRESENTE:

Estimado editor

Por medio de la presente sometemos a su amable consideración el artículo "EFECTO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL SOBRE EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE UN QUESO ARTESANAL MEXICANO", para dictamen y posible publicación en la prestigiada revista científica **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. Este trabajo es de la autoría de A.R. Praga-Ayala, R. Martínez-Loperena, J. Ku-Vera, M., J. Solorio-Sánchez, M. González-Ronquillo, y O.A. Castelán-Ortega.

El objetivo de nuestro estudio fue determinar si el perfil de ácidos grasos del queso artesanal Tepeque, en particular aquellos con beneficio para la salud humana como el linoleico y linolénico, es modificado de manera positiva por una dieta para el ganado lechero basada en un sistema silvopastoril intensivo. Hasta donde sabemos, por la literatura publicada, nunca se ha llevado a cabo un trabajo de este tipo, lo cual garantiza su originalidad.

Finalmente, cabe destacar que el primer autor y el autor de correspondencia firman en nombre de todos los autores en virtud de que no fue posible recabar su firma por residir en otros estados de la república. Sin embargo, todos están enterados y les estamos enviando copia de este correo.

Sin más por el momento, quedamos en espera de su atenta confirmación de la buena recepción de nuestro artículo.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

PRAGA

Ana Rosa Praga, MVZ

Octavio A. Castelán Ortega, MVZ, MSc., PhD.

oaco2002@yahoo.com.mx

Instituto Literario 100, Colonia Centro, C.P. 50000 Toluca, Estado de México, México.

Teléfono: +52 7222965542

c.c.p. Dr. Juan Carlos Ku Vera.- FMVZ de la Universidad Autónoma de Yucatán
c.c.p. Dr. Javier Solorio Sánchez.- FMVZ de la Universidad Autónoma de Yucatán
c.c.p. M. en C. Raquel Martínez Loperena.- FMVZ de la Universidad Autónoma de Yucatán
c.c.p. Dr. Manuel González Ronquillo.- FMVZ de la Universidad Autónoma del Estado de México
c.c.p. Archivo

Asunto: Re: Envío de Artículo-México
De: info@alanrevista.org (info@alanrevista.org)
Para: oaco2002@yahoo.com.mx
Fecha: Martes, 2 de junio, 2015 15:09:49

Estimado Dr. Castellán Ortega:

Acusamos recibo y agradecemos el envío del manuscrito corregido en anexo, el cual se identifica con el N° 4147. Oportunamente le haremos llegar las observaciones recibidas de los Árbitros y la opinión del Comité Editorial.

Atentamente,

Dr. José Félix Chávez Pérez
 Editor General
 Archivos Latinoamericanos de Nutrición

----- Original Message -----
From: Octavio Castellán
To: info@alanrevista.org
Sent: Monday, June 01, 2015 5:50 PM
Subject: Re: Envío de Artículo-México

Estimada Dra. Strauss
 Ya hemos completado las observaciones que amablemente le hizo a nuestro artículo, en este sentido sírvase encontrar anexo el archivo con el trabajo corregido. Quedo en espera de la amable confirmación de la buena recepción de este correo y su anexo.

Atentamente

Dr. Octavio A. Castellán-Ortega
 E-mail: oaco2002@yahoo.com.mx

De: "info@alanrevista.org" <info@alanrevista.org>
Para: Octavio Castellán <oaco2002@yahoo.com.mx>
Enviado: Jueves, 28 de mayo, 2015 15:07:11
Asunto: Envío de Artículo-México

Estimado Dr. Castellán:

Acusamos recibo y agradecemos el envío del manuscrito en anexo. Para su ingreso en el proceso de arbitraje, solicitamos su adecuación a las exigencias de Archivos Latinoamericanos de Nutrición en los aspectos que se detallan a continuación:

- 1- Títulos: escribirlos en minúsculas y eliminar negritas.
- 2- Revisar texto escrito para separar palabras pegadas.
- 3- Tablas 1 y 2: explicar en notas al pie el significado de: ST, SSP, eem y expresar el tiempo del período de maduración.
- 4- Referencias: reducir a 25, actualmente 42.
- 5- Sección Referencias: abreviar los nombres de las revistas de acuerdo a las normas de Vancouver.

Atentamente,

Dra. Miriam Strauss
 Editor Asistente
 Archivos Latinoamericanos de Nutrición

----- Original Message -----
From: Octavio Castellán
To: info@alanrevista.org
Cc: Manuel González Ronquillo ; Juan Carlos Ku Vera ; Javier Solorio ; Raquel Martínez Loperena ; Ana Praga
Sent: Thursday, May 28, 2015 2:55 PM
Subject: Envío de Artículo-México

El Cerrillo Piedras Blancas a 28 de mayo de 2015

SR. JOSE FELIX CHAVEZ PÉREZ
ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION
EDITOR GENERAL
P R E S E N T E:

Estimado editor

Por medio de la presente sometemos a su amable consideración el artículo "EFECTO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL SOBRE EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE UN QUESO ARTESANAL MEXICANO", para dictamen y posible publicación en la prestigiosa revista científica **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. Este trabajo es de la autoría de A.R. Praga-Ayala, R. Martínez-Loperena, J. Ku-Vera, M., J. Solorio-Sánchez, M. González-Ronquillo, y O.A. Castellán-Ortega.

El objetivo de nuestro estudio fue determinar si el perfil de ácidos grasos del queso artesanal Tepeque, en particular aquellos con beneficio para la salud humana como el linoleico y linolénico, es modificado de manera positiva por una dieta para el ganado lechero basada en un sistema silvopastoril intensivo. Hasta donde sabemos, por la literatura publicada, nunca se ha llevado a cabo un trabajo de este tipo, lo cual garantiza su originalidad.

Finalmente, cabe destacar que el primer autor y el autor de correspondencia firman en nombre de todos los autores en virtud de que no fue posible recabar su firma por residir en otros estados de la república. Sin embargo, todos están enterados y les estamos enviando copia de este correo.

Sin más por el momento, quedamos en espera de su atenta confirmación de la buena recepción de nuestro artículo.

A T E N T A M E N T E
P A T R I A , C I E N C I A Y T R A B A J O

Ana Rosa Praga, MVZ

Octavio A. Castelán Ortega, MVZ, MSc., PhD.
oaco2002@yahoo.com.mx
Instituto Literario 100, Colonia Centro, C.P. 50000 Toluca, Estado de México, México.
Teléfono: +52 7222965542

7.1. Artículo enviado

Efecto de un Sistema Silvopastoril sobre el perfil de Ácidos grasos de un Queso Artesanal Mexicano

Effect of a Silvopastoral system on the fatty acids profile of an Artisan Mexican Cheese

A.R. Praga-Ayala¹, R. Martínez-Loperena², J. Ku-Vera², J. Solorio-Sánchez², M. González-Ronquillo², O.A. Castelán-Ortega^{1*}

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Campus el Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5, Mérida, Yucatán, México.

* Autor para correspondencia: Dr. Octavio Alonso Castelán Ortega
oaco2002@yahoo.com.mx

Instituto Literario 100, Colonia Centro, C.P. 50000 Toluca, Estado de México,
México.

Teléfono: +52 7222965542

Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar sí el perfil de ácidos grasos y el contenido de ácidos linoleico y linolénico del queso artesanal Tepeque elaborado con leche de vaca es modificado por una dieta basada en un Sistema Silvopastoril intensivo (SSPi), en comparación con un sistema tradicional (ST). Se elaboraron 48 quesos, 24 con leche del SSPi y 24 del ST. Se empleó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 4 para analizar el efecto del sistema de alimentación y cuatro periodos de maduración de los quesos. Los resultados demuestran que existe una concentración significativamente menor ($P < 0.05$) de ácidos grasos de cadena corta en el SSPi. También se observó que la concentración de los ácidos grasos C18:2n3 y C18:3n3 fue mayor ($P < 0.01$ y $P < 0.05$, respectivamente) en los quesos del SSPi. Para los periodos se observó un incremento ($P < 0.05$) para C14:0, C16:0, C18:0 y C18:3n6 en el tercer periodo de maduración con respecto al primero, encontrando una estabilización en el cuarto periodo. Para la concentración promedio de ácidos grasos agrupados por el largo de su cadena de carbonos, se observó que ésta fue mayor para los ácidos de cadena larga ($P < 0.01$) en los quesos del SSPi, lo cual se explica por el consumo de forrajes frescos y de buena calidad en este sistema. Se concluye que el empleo de un SSPi genera un aumento en el contenido de ácidos grasos de cadena larga del queso artesanal Tepeque.

Palabras clave: Ácidos grasos, queso Tepeque, Sistema silvopastoril.

Summary

The aim of the present study was to determine whether the profile of fatty acids and the linoleic and linolenic acids of the artisan Tepeque cheese made with cow's milk is modified by a diet based on an intensive silvo-pastoral system (ISPs) compared with a Traditional System (TS). Forty eight cheeses were made, 24 with milk from the ISPs and 24 from the TS. An experimental completely randomized design with a factorial arrangement, 2 x 4, was used to analyse the effect of the feeding system and four cheese ripening periods. The results showed a significantly lower concentration ($P < 0.05$) of short chain fatty acids in the ISPs. On the contrary, the concentration of C18:2n3 and C18:3n3 was higher ($P < 0.01$ and $P < 0.05$, respectively) in the ISPs than in the TS cheeses. For the periods, there was an increment ($P < 0.05$) in the concentration of C14:0, C16:0, C18:0 and C18:3n6 over the third ripening period in comparison with the first period. This concentration was stabilised and remained constant at the end of the fourth period. In relation with the concentration of fatty acids as grouped by the length of their carbon atoms chain, this was higher for the long chain fatty acids in the ISPs ($P < 0.01$). This may be explained by intake of good quality forages in the ISPs. Finally, it is concluded that the use of an ISPs results in an increment in the long chain fatty acids in the Tepeque artisan cheese. **Keywords:** Fatty acids, Tepeque cheese, Silvopastoral system.

Introducción

El contenido de ácidos grasos en la leche y sus derivados ha sido ampliamente investigado con el objeto de lograr una mejor comprensión de sus efectos sobre la salud humana. Recientemente se ha puesto particular atención en el contenido de ácidos de grasos de cadena larga en la leche y quesos de vaca pues éstos son asociados con beneficios en la salud de los consumidores. De acuerdo con (1) los niveles más altos de ácido linoleico conjugado (CLA, por sus siglas en inglés) en la grasa de la leche de vaca se han observado cuando las vacas son alimentadas con pastos frescos, dietas orgánicas y dietas suplementadas con plantas ricas en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA, por sus siglas en inglés). De acuerdo con (2, 3) lo anterior se debe a que la alimentación con forrajes frescos da lugar a un mayor contenido de compuestos saludables como los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) en la leche, que los encontrados en la leche de los sistemas de alimentación intensivo o estabulado. El CLA, es uno de los ácidos grasos presentes en la grasa láctea que ha demostrado tener una serie de efectos positivos para la salud en estudios biomédicos con animales de experimentación (4). Estos incluyen la supresión de la carcinogénesis (4) disminución del riesgo de cáncer de próstata y cáncer de mama, mejora de la mineralización ósea, y la redistribución de la grasa corporal, lo que ayuda a reducir la obesidad (5, 6), estimulante inmunológico (7) y reducciones en la aterogénesis (8) y diabetes (9). En los quesos elaborados con leche de vaca el contenido de ácidos grasos linoleico y linolénico es variable y depende principalmente de su concentración en la leche cruda. Estudios recientes (3) demuestran que el pastoreo así como la alimentación de las vacas con forrajes frescos son determinantes en el aumento de los ácidos grasos insaturados de cadena larga en la leche entre ellos el linoleico, lo cual da por resultado una disminución en el contenido de ácidos grasos saturados de cadena corta por lo que posiblemente el contenido de éste ácido graso en el queso es afectado por las características específicas de la leche utilizada en su elaboración (10). El uso de SSPi en la alimentación del ganado

lechero posiblemente resulte en una mayor concentración de ácido linoleico y linolénico en la leche y por lo tanto en los quesos que se producen con ésta, pues éste sistema se caracteriza por emplear forrajes frescos que son pastoreados directamente por el ganado lechero. El SSPi que se empleó en el presente estudio se basa en la asociación de pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) o pasto Guinea (*Panicum máximum*) más la leguminosa arbórea *Leucaena leucocephala*, esta última sembrada a altas densidades, >35,000 plantas ha⁻¹, lo cual genera durante el año una mayor producción y disposición de forraje de buena calidad destinado a la alimentación de ganado lechero, el cual lo pastorea directamente (11). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar sí el perfil de ácidos grasos y el contenido de ácidos grasos de cadena corta, media y larga en el queso artesanal Tepeque elaborado con leche de vaca cruda, es modificado por una dieta basada en un SSPi y si este comportamiento se modifica a lo largo de su maduración.

Materiales y Métodos

Localización geográfica del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el laboratorio de producción animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México y en el laboratorio de Instrumentación de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

Muestras de queso artesanal Tepeque

Los quesos artesanales empleados en el presente estudio fueron elaborados en el municipio de Tepalcatepec, Estado de Michoacán, México. Tepalcatepec se localiza en la región Centro Occidente de la República Mexicana a 19° 11´ de latitud Norte, 102° 51´ de longitud Oeste y una altitud de 370 msnm, con una temperatura de 24°C y precipitación anual de 900mm (12). Se elaboraron exprofeso 48 quesos, de los cuales 24 se elaboraron con leche proveniente de

vacas alimentadas en un SSPi y 24 quesos provenientes de un ST de producción de leche de la región de estudio.

Los quesos fueron elaborados en enero del 2013 teniendo un peso promedio de 3 kg cada uno, los 48 quesos se dividieron en cuatro grupos, uno para cada periodo de maduración (P1=10, P2=45, P3=80 y P4=165 días) correspondiendo 12 quesos para cada periodo, de los cuales seis quesos fueron para cada sistema. Una vez que los quesos alcanzaron el tiempo de maduración fueron analizados para determinar su perfil de ácidos grasos.

Alimentación del ganado

El sistema de alimentación y manejo del ganado fue el tradicional observado en los sistemas doble propósito de las regiones tropicales del mundo, el cual se basa en el pastoreo directo de una gramínea en este caso pasto estrella de África y altas cantidades de concentrado comercial. El SSPi se basó en el pastoreo de praderas de pasto Tanzania y *Leucaena leucocephala* sembrada en hileras con separación entre ellas de 1.6m y a una densidad de 35,000 plantas ha⁻¹. Adicionalmente, las vacas en el SSPi recibieron 1.5 kg de concentrado comercial vaca⁻¹ día⁻¹. Las vacas en el ST permanecieron en pastoreo de praderas de pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) y fueron suplementadas con 6 kg de concentrado comercial por vaca⁻¹ día⁻¹. En ambos casos las vacas empleadas fueron cruza de razas Cebuinas y Pardo Suizo, las vacas permanecieron todo el día en las praderas con excepción de la hora de la ordeña a las 7:00 am, cuando también se les administró el concentrado.

Toma de muestras para análisis de laboratorio

El método de muestreo de los quesos se llevó a cabo de acuerdo con la norma FIL-IDF 50B:1985., la primer toma de muestra se realizó en el mes de enero y la última en el mes de mayo. El muestreo se realizó tomando 250 grs de queso empleando la técnica por corte de un sector, la cual considera la forma, masa, tipo y grado de madurez del queso.

Análisis de laboratorio

Para la realización de los análisis se preparó cada muestra previamente colocándola en un mortero con el fin de obtener una masa homogénea finamente dividida agregando poco a poco 40grs de sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4). Para la determinación del contenido de materia grasa se siguió el método de referencia FIL-IDF 5B:1986, el cual se basa en la digestión y posterior extracción de una porción de la muestra con éter de petróleo (70ml) mediante el empleo de un equipo Soxhlet (A-50270 Scorpion Scientific), la eliminación de este disolvente ocurre por destilación, este principio se conoce como el método gravimétrico basado en el principio de Schmid-Bondzynski-Ratzlaff (SBR)

Derivatización de los ácidos grasos

El proceso de derivatización de los ácidos grasos se realizó de acuerdo a (13). Este se realizó de acuerdo a la ISO 15885:2002 (IDF 184:2002), Milk fat-determination of the fatty acid composition by gas-liquid chromatography. Para este proceso se pesaron .025mg de la grasa extraída, colocando la misma dentro de un tubo eppendorf con ayuda de una espátula, una vez finalizado el pesaje de las muestras se colocaron en el congelador (-20°C). Por otro lado, se preparó una “potasa” (hidróxido de potasio 0.5g + 5ml de metanol), empleando una parrilla para la disolución perfecta del hidróxido. Posteriormente se sacaron las muestras del congelador y se agregaron 200 μl de hexano, agitando las muestras en el vortex hasta la disolver la grasa y agregando 50 μl de potasa, agitando nuevamente y congelando por 5 minutos. Transcurrido el tiempo, se agregó sodio dihidrogenofosfato y se agitaron una por una las muestras. Para finalizar el proceso, las muestras se centrifugaron a 14,000 rpm/5min. Finalizado el tiempo se tomaron 100 μl de cada tubo (muestra) y se colocaron en un vial ámbar agregando 400 μl de hexano como paso final.

Análisis de cromatografía

Una vez realizado el proceso de derivatización de los ácidos grasos se procedió a inyectar las muestras en un cromatógrafo de gases GC-2010 Plus marca Shimadzu. Se empleó una columna capilar SP-2380, 30m x 0.25mm y 0.20 μm de

espesor, empleando Nitrógeno como gas acarreador. La temperatura del inyector fue de 220°C y del detector 260°C. Se inyectó 1µl de muestra de ácidos grasos, considerando una temperatura inicial de 100°C/3min (elevada 15°C/min), 140°C/4min (elevada 4°C/min), 195°C/2min (elevada 8°C/min) hasta llegar a una temperatura final de 220°C/15min.

Diseño experimental y análisis estadístico

En el presente estudio se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x4 donde se consideró sistema de alimentación (tratamiento) y el tiempo de maduración., con la siguiente formula general lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = variables respuesta, μ = media general, T_i = efecto debido al sistema de alimentación ($i= 1: 2$), B_j = efecto debido al periodo de maduración ($j=1:4$), e_{ij} = error residual

Resultados

La Tabla 1, muestra el perfil promedio de ácidos grasos (g/100g de ácidos grasos) del queso Tepeque producido con leche de ambos sistemas de alimentación. Se observa que los quesos elaborados con leche del SSPi presentan, en su mayoría, una concentración significativamente menor ($P<0.05$) de ácidos grasos saturados de cadena corta como el C4:0 (ST= 1.21, SSPi= 0.92 g/100g de ácidos grasos) y C6:0 (ST= 1.03, SSPi= 0.73 g/100g de ácidos grasos), la concentración de C8:0 también es numéricamente inferior aunque la diferencia no es estadísticamente significativa ($P>0.05$). De igual forma se observa que los ácidos grasos de cadena media (C10:0, C11:0, C12:0, C14:0 y C14:1) se encuentran en una concentración numéricamente menor en los quesos elaborados con leche del SSPi, siendo la diferencia altamente significativa ($P<0.01$) para el caso del C10:0 y el C11:0. Por otro lado, se aprecia que la alimentación basada en un SSPi no resulta en una mayor concentración ($P>0.05$) de algunos ácidos grasos de cadena larga como el

palmítico (C16:0) y vaccénico (C18:1), los cuales se encuentran en la mayor concentración, >30g/100 de ácidos grasos, con respecto a todos los ácidos grasos de los quesos. También se observa que la concentración del ácido linoleico (C18:2n6) perteneciente al grupo de los ácidos omega 6 no se encuentra en una mayor concentración en los quesos producidos con leche del SSPi ($P>0.05$). Sin embargo, se observó que la concentración de los ácidos alfa linoleico (C18:2n3) y alfa linolénico (C18:3n3) fue significativamente mayor ($P<0.01$ y $P<0.05$, respectivamente) en el queso del SSPi que en el ST, de hecho la concentración del C18:3n3 fue 18 veces más alta en el queso del SSPi que en el ST, lo cual es un aspecto positivo para este trabajo pues ambos ácidos grasos pertenece al grupo de los omega 3, los cuales son esenciales para la nutrición humana ya que no se sintetiza por el cuerpo humano.

La Tabla 1 también muestra la concentración de ácidos grasos durante los cuatro períodos de maduración. Para varios ácidos grasos como el Mirístico C14:0 (9.87g/100g), Palmítico C16:0 (32.44g/100g), Esteárico C18:0 (12.93g/100g) y Gama linolénico C18:3n6 (.74g/100g), se observa un incremento significativo ($P<0.05$) en la concentración observada en el período uno con respecto al tres, posteriormente en el período cuatro la concentración se estabiliza o incluso declina para algunos de ellos como el ácido graso Caproico C6:0 (.86g/100g), Caprilico C8:0 (1.19g/100g), Cáprico C10:0 (2.08g/100g), Undecílico C11:0 (.06g/100g), Mirístico C14:0 (9.18g/100g), Palmítico C16:0 (30.05g/100g), Heptadecenoico C17:1 (.31g/100g), Esteárico C18:0 (11.66g/100g), Alfa linolénico C18:3n3 (0g/100g) y Araquidónico C20:0 (.1g/100g).

La Tabla 2 muestra la concentración promedio de ácidos grasos agrupados en función del largo de su cadena, se observa la misma tendencia antes descrita, sólo que en este caso la concentración de ácidos grasos de cadena corta y media es significativamente menor ($P<0.05$) en los quesos del SSPi en comparación con los quesos del ST. De la misma forma, la concentración de los ácidos grasos de cadena larga es significativamente mayor ($P<0.01$) en los quesos del SSPi. Esta

tabla muestra que los cambios en la concentración de los ácidos grasos de cadena corta y larga son consecuencia de la interacción entre el sistema de alimentación y el período de maduración.

Discusión

El perfil de ácidos grasos en leche y quesos de leche bovina, ovina y caprina ha sido reportado extensamente, siendo así que autores como (14, 15), demostraron altas concentraciones de ácidos palmítico y oleico, concentraciones intermedias para los ácidos mirístico y esteárico, y concentraciones bajas para el caproico y caprílico, estas investigaciones coinciden con los resultados obtenidos en el presente trabajo teniendo así los valores de 30.6 g/100grs y 32.1 g/100grs para el C16:0 y C18:1; 9.7 g/100 grs y 11.2 g/100grs para C14:0 y C18:0, y finalmente 1.03 g/100grs y 1.6 g/100grs para C6:0 y C8:0. Estos resultados además concuerdan con el hecho de que las lipasas (ya sea en forma de leche, cuajo o microbianas) que participan en la maduración del Queso Tepeque poseen una mayor selectividad hacia la hidrólisis de residuos de ácidos grasos de cadena corta y media, que hacia los de cadena larga.

Por otro lado, la mayor concentración de ácidos grasos de cadena larga en particular el alfa linolénico y el alfa linoleico en los quesos del SSPi se puede explicar por el mayor consumo de forrajes frescos y de buena calidad por el ganado en este sistema. Dentro de un SSPi se encuentran integrados los sistemas de producción de especies de árboles asociados con pastos para ganado, en el mismo espacio de suelo, de una manera secuencial o simultánea, siendo así que la alimentación de los animales a base de pasto y forrajes de buena calidad ha demostrado dar lugar a un mayor contenido de compuestos saludables en la leche que otros sistemas de alimentación (16), como ocurrió en el presente estudio donde la concentración del ácido C18:3n3, el cual es un ácido graso esencial, fue varias veces más alta en los quesos del SSPi que en el ST. Autores como (16, 17) son algunos investigadores que han realizado estudios sobre el efecto que tiene la alimentación del ganado en la leche y la calidad del queso, demostrando las

ventajas que tiene alimentar a los mismos con pasto. Una dieta basada en forrajes frescos puede modificar el perfil de ácidos grasos de la leche y el queso, por ejemplo, incrementa la concentración del ácido octadecadienoico (C18:2) cis-9, trans-11 el cual da a la leche y sus productos un importante valor hipocolesterolémico (17), así como otro importante ácido poliinsaturado como el C18:1 que es significativamente influenciado por la alimentación. En trabajos anteriores se ha analizado la influencia de la alimentación sobre la concentración de proteínas y la grasa de la leche (18) que son importantes para el rendimiento quesero además de otras características (18). Confirmando así la información otorgada por algunos investigadores (19) y queseros quienes afirman sobre las diferencias en las características sensoriales de los quesos en los SSPi.

Existen cinco importantes ácidos grasos en pastos, aproximadamente el 95% se compone de linolénico, linoleico y palmítico (20). Es así que el forraje fresco contiene una alta proporción (0.50 a 0.75) del contenido total de ácidos grasos como ácido α -linolénico, coincidiendo esta explicación con los resultados arrojados en esta investigación, observando que la concentración del ácido linoleico (C18:2n6) perteneciente al grupo de los ácidos Omega 6 no se encuentra en una mayor concentración en los quesos producidos en un SSPi. En contraste, alfa linolénico (C18:3n3) fue significativamente mayor lo cual es un aspecto positivo pues éste ácido graso pertenecen al grupo de los Omega 3, los cuales son esenciales para la nutrición humana ya que no son sintetizados por el cuerpo de las personas.

Los ácidos grasos de cadena larga de la familia Omega 3 son llamados “esenciales” debido a su importancia en la preservación de la salud y en la prevención de enfermedades. El ácido alfa linolénico es considerado como un ácido graso principal o “padre” dentro de la familia de los Omega-3, cerca del 96% de este ácido parece ser absorbido en el intestino y ser metabolizado de diferentes formas entre las más destacadas es que puede fungir como substrato para la cetogénesis (proceso para crear cuerpos cetónicos), además de que puede ser

reciclado para producir otros ácidos grasos entre los cuales se encuentra al ácido Docosahexanoico (ADH), ácido Docosapentanoico (ADP) y el ácido Eicosapentanoico (AEP) esto a través de la desaturación y elongación del alfa linolénico.

El ácido alfa linolénico es precursor del AEP, el cual a su vez es un precursor de los eicosanoides los cuales controlan las reacciones inflamatorias. Esta es una de las principales razones por la cual se recomienda a las personas a consumir más ácidos grasos Omega 3. Siendo así que algunos estudios revelan que una ingesta de aproximadamente 2-3 g/día durante 6-12 meses por un adulto pudiese impartir efectos biológicos óptimos, que serían de larga duración (21).

Con respecto a la concentración de los ácidos grasos en los períodos de maduración se observó que los resultados obtenidos en el presente estudio están en línea con lo reportado por Fuente (30), quienes mencionan que las concentraciones de los ácidos grasos se incrementan a medida que progresa la maduración de los quesos. Estos autores también reportan que los ácidos C14:0, C16:0, C18:0 y C18:1 en quesos de leche de vaca se mantienen en concentraciones altas independientemente del período de maduración, lo cual también se observa en este estudio.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio permiten concluir que el empleo de un Sistema Silvopastoril intensivo genera un aumento del contenido de ácidos grasos de cadena larga en el queso artesanal Tepeque efecto debido a la alimentación de los animales a base de pasto y forrajes de buena calidad demostrando dar lugar a un mayor contenido de compuestos saludables en la leche que otros sistemas de alimentación modificando así el perfil de ácidos grasos en la leche y el queso. Se concluye también que la concentración de los ácidos grasos en los períodos de maduración incrementa a medida que progresa la maduración de los quesos.

Agradecimientos

Se agradece el financiamiento otorgado para la realización de la presente tesis por el proyecto de investigación “Caracterización del queso regional y del proceso socio-técnico de elaboración” Proyecto operado por la Universidad Autónoma del Estado de México (Clave UAEM: 3053/2011E), y financiado por Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). También se agradece a este último la beca recibida para estudios de maestría en ciencias. Se agradece el apoyo y las facilidades prestadas por la Fundación Produce Michoacán A.C. y al Rancho los Huarinches. Finalmente, se agradece al Dr. Rey Gutiérrez Tolentino, responsable del laboratorio de Instrumentación de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, por las facilidades otorgadas para el análisis de las muestras de queso.

Bibliografía

1. Stanton C, Murphy J, McGrath E, Devery R. Animal feeding strategies for conjugated linoleic acid enrichment of milk. In: Sebedio L, Christie WW, Adolf R. (Eds.), Ad in CLA Res, vol. 2. AOCS Press, Champaign, IL. 2003; 123-145.
2. Lock AL y Garnsworthy PC. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and Δ^9 -desaturase activity in dairy cows. *Livestock Prod Sci.* 2003; (79):47-59.
3. AbuGhazaleh AA y Holmes LD. Diet Supplementation with fish oil and sunflower oil to increase Conjugated Linoleic Acid Levels in Milk Fat of Partially Grazing Dairy Cows. *J of Dairy Sci.* 2007; (90): 2897-2904.
4. Ip C, Banni S, Angioni E, Carta G, McGinley J, Thompson HJ, Barbano D, y Bauman D. Conjugated Linoleic Acid–Enriched Butter Fat Alters Mammary Gland Morphogenesis and Reduces Cancer Risk in Rats. *J of Nutr.* 1999; 129(12):2135-2142.

5. Palmquist DL, Lock AL, Shingfield KJ. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. *Adv in Food and Nutr Res.* 2005; (50): 179-217.
6. Bhattacharya A, Banu J, Rahman M, Causey J, Fernandes G. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *J of Nutr Biochem.* 2006; (17): 789-810.
7. Collomb MA, Schmid A, Sieber R, Wechsler D. y Ryhänen EL. Conjugated linoleic acids in milk fat: Variation and physiological effects. *Int Dairy J.* 2006; (16): 1347-1361.
8. Nicolosi RJ, Rogers EJ, Kritchevsky D, Scimeca JA. y Huth PJ. Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters. *Artery.* 1997; (22): 266-277.
9. Houseknecht KL, Vanden Heuvel JP, Moya-Camarena SY, Portocarrero CP, Peck LW, Nickel KP. y Belury MA. Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty rat. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1998; (244): 678–682.
10. Prandini A, Sigolo S, Tansini G, Brogna N, Piva G. Different level of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy products from Italy. *J of Food Comp and Anal.* 2007; (20): 472-479.
11. Murgueitio E, y Ibrahim M. Ganadería y medio ambiente en América Latina. En Murgueitio, E., Cuartas, C., Najaro, J. (eds). *Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo.* Fundación CIPAV, Cali-Colombia. 2008; 19-40.
12. INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tepalcatepec, Michoacán de Ocampo.* Disponible en línea en: <http://www.inegi.gob.mx>. Revisado el 20 de Mayo de 2013.

13. Zlatanov S, Laskaridis K, Feist C, y Sagredos A. CLA content and fatty acid composition of Greek feta and hard cheeses. *Food Chem.* 2002; (78): 471–477.
14. Gatusso AM. y Fazio G. Characteristics and composition of milk fat from sheep of Sicilian breeds. *Riv Italy Sostanze Grasse.* 1980; (57): 530-535.
15. Fuente MA, Fontecha J, Juárez MZ. Fatty acid composition of the triglyceride and free fatty acid fractions in different cows, ewes and goats milk cheeses. *Z Lebensm Unters Forsch.* 1993; (38): 155-158.
16. Morand-Fehr P, Fedele V, Decandia M, y Le Frileux Y. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *S Rum Res.* 2007; (68): 20-34.
17. Elgersma A, Tamminga S, y Ellen G. Modifying milk composition through forage. *Anim Feed Sci and Tech.* 2006; (131):207–225.
18. Verdier-Metz I, Coulon JB y Pradel P. Relationship between milk fat and protein contents and cheese yield. *Anim Res.* 2001; (50): 365-371.
19. Martínez LR, Ayala BA, Solorio SJ, y Castelán OO. Efecto de un sistema silvopastoril intensivo sobre el perfil de textura y composición físico-química del queso artesanal Tepeque de México. *Rev Cient. FCV-LUZ, Vol. XXV.* 2015; (2):153-158.
20. Hawke JC. Lipids. In: Butler, G.W., Bailey, R.W. (Eds.), *Chemistry and Biochemistry of Herbage.* Academic Press. London, UK. 1973; 213–263.
21. Whigham LD, Wastras AC. y Schoeller DA. Efficacy of conjugated linoleic acid for reducing fat mass: a meta-analysis in humans. *Am J of Clin Nutr.* 2007; (85): 1203-1211.

Tabla 1. Perfil promedio de ácidos grasos del queso artesanal Tepeque (g/100g de ácidos grasos) por sistema de alimentación y período de maduración.

Ácido graso	Sistema de alimentación		eem	Período				eem	Valor de P	
	ST	SSP		1	2	3	4		Sistema	Período
Butírico, C4:0	1.21 ^a	0.92 ^b	0.09	0.59 ^a	0.90 ^a	1.70 ^b	1.06 ^a	0.13	0.03	0.01
Caproico, C6:0	1.03 ^a	0.73 ^b	0.06	0.74	0.88	1.03	0.86	0.09	0.01	0.2
Caprílico, C8:0	1.69	1.59	0.08	1.63	1.74 ^a	2.01 ^a	1.19 ^b	0.12	0.4	0.01
Capríco, C10:0	2.38 ^a	2.10 ^b	0.06	2.14	2.30	2.42 ^a	2.08 ^b	0.08	0.01	0.04
Undecílico, C11:0	0.11 ^a	0.03 ^b	0.02	0.05	0.04	0.14	0.06	0.03	0.01	0.13
Laurico, C12:0	0.03	0.008	0.009	0.0	0.02	0.05	0.003	0.01	0.12	0.06
Mirístico, C14:0	9.71	9.44	0.11	9.87 ^a	9.41 ^a	9.83 ^a	9.18 ^b	0.16	0.11	0.01
Miristoleico, C14:1	0.35	0.26	0.04	0.29	0.28	0.33	0.32	0.06	0.19	0.91
Pentadecílico, C15:0	1.30 ^a	1.05 ^b	0.03	0.80 ^a	0.97 ^a	1.50 ^b	1.45 ^b	0.05	0.01	0.01
Pentadecenoico, C15:1	1.01 ^a	0.82 ^b	0.05	0.60 ^a	0.66 ^a	1.19 ^b	1.2 ^b	0.06	0.01	0.01
Palmitico, C16:0	30.69	31.06	0.21	32.44 ^a	30.89 ^b	30.13 ^b	30.05 ^b	0.29	0.22	0.01
Palmitoleico, C16:1	1.92	1.73	0.06	1.21 ^a	1.71 ^b	2.12 ^c	2.26 ^c	0.09	0.06	0.01
Margárico, C17:0	0.94 ^a	0.87 ^b	0.02	0.72 ^a	0.82 ^a	1.01 ^b	1.08 ^b	0.04	0.03	0.01
Heptadecenoico, C17:1	0.52 ^a	0.30 ^b	0.03	0.42 ^a	0.34 ^a	0.55 ^{ab}	0.31 ^{bc}	0.04	0.01	0.01
Esteárico, C18:0	11.27 ^a	12.73 ^b	0.15	12.93 ^a	12.4 ^a	11.01 ^b	11.66 ^{ab}	0.22	0.01	0.01
Oleico, C18:1	32.17	32.08	0.35	32.32	32.47	30.91	32.8	0.49	0.86	0.06
Alfa linoleico, C18:2n3	1.06 ^a	1.51 ^b	0.12	0.67 ^a	1.03 ^a	1.53 ^b	1.91 ^b	0.17	0.01	0.01
Linoleico, C18:2n6	1.09	0.89	0.11	0.83	1.1	1.11	0.91	0.15	0.20	0.49
Alfa linolénico, C18:3n3	0.01 ^a	0.18 ^b	0.05	0.04 ^a	0.35 ^b	0.0 ^a	0.0 ^a	0.07	0.03	0.01
Gama-linolénico, C18:3n6	0.68 ^a	0.47 ^b	0.06	0.74	0.53	0.64	0.39	0.09	0.04	0.08
Araquídico, C20:0	0.31	0.32	0.1	0.29 ^a	0.66 ^b	0.21 ^a	0.1 ^a	0.1	0.91	0.01
Gadoleico, C20:1	0.42 ^a	0.88 ^b	0	0.53 ^a	0.50 ^{ab}	0.52 ^a	1.04 ^{bc}	0.14	0.01	0.03

^{a,b,c} Medias con literales diferentes entre columnas difieren significativamente; ST= Sistema Tradicional; SSP= Sistema Silvopastoril intensivo; eem= Error estándar de la media; Período=(P1=10, P2=45, P3=80 y P4=165 días)

Tabla 2. Contenido promedio de ácidos grasos de cadena corta, media y larga del queso artesanal Tepeque (g/100g de ácidos grasos) por sistema de alimentación y período de maduración.

Longitud de cadena	Sistema		eem	Periodo				eem	Valor de P		
	ST	SSP		1	2	3	4		Sistema	Periodo	S x P
Corta	3.9 ^a	3.2 ^b	0.2	3.0 ^a	3.5 ^a	4.7 ^b	3.1 ^b	0.29	0.02	0.01	0.01
Media	12.6 ^a	11.9 ^b	0.19	12.4 ^a	12.1 ^a	12.8 ^c	11.7 ^a	0.27	0.01	0.04	0.08
Larga	83.5 ^a	84.9 ^b	0.38	84.6 ^a	84.4 ^a	82.5 ^b	85.2 ^{ac}	0.54	0.01	0.01	0.01

^{a,b,c} Medias con literales diferentes entre columnas difieren significativamente; ST=Sistema Tradicional; SSPi=Sistema Silvopastoril intensivo; eem=Error estándar de la media; Periodo= (P1=10, P2=45, P3=80 y P4=165 días); S x P= Sistema por periodo

8. DISCUSIÓN GENERAL

El perfil de ácidos grasos en leche y quesos de leche bovina, ovina y caprina ha sido reportado extensamente, siendo así que autores como (Parkash y Jenness, 1968; Olmedo y Coll-Hellin, 1976), demostraron altas concentraciones de ácidos palmítico y oleico, concentraciones intermedias para los ácidos mirístico y esteárico, y concentraciones bajas para el caproico y caprílico, estas investigaciones coinciden con los resultados obtenidos en el presente trabajo teniendo así los valores de 30.6 g/100grs y 32.1 g/100grs para el C16:0 y C18:1; 9.7 g/100 grs y 11.2 g/100grs para C14:0 y C18:0, y finalmente 1.03 g/100grs y 1.6 g/100grs para C6:0 y C8:0. Estos resultados además concuerdan con el hecho de que las lipasas (ya sea en forma de leche, cuajo o microbianas) que participan en la maduración del Queso Tepeque poseen una mayor selectividad hacia la hidrólisis de residuos de ácidos grasos de cadena corta y media, que hacia los de cadena larga.

Por otro lado, la mayor concentración de ácidos grasos de cadena larga en particular el alfa linolénico y el alfa linoleico en los quesos del SSPi se puede explicar por el mayor consumo de forrajes frescos y de buena calidad por el ganado en este sistema. Dentro de un SSPi se encuentran integrados los sistemas de producción de especies de árboles asociados con pastos para ganado, en el mismo espacio de suelo, de una manera secuencial o simultánea, siendo así que la alimentación de los animales a base de pasto y forrajes de buena calidad ha demostrado dar lugar a un mayor contenido de compuestos saludables en la leche que otros sistemas de alimentación (Monrand-Fehr, 2007), como ocurrió en el presente estudio donde la concentración del ácido C18:3n3, el cual es un ácido graso esencial, fue varias veces más alta en los quesos del SSPi que en el ST. Autores como (Monrand-Fehr, 2007 y Elgersma *et al.*, 2006) son algunos investigadores que han realizado estudios sobre el efecto que tiene la alimentación del ganado en la leche y la calidad del queso, demostrando las ventajas que tiene alimentar a los mismos con pasto. Una dieta basada en forrajes

frescos puede modificar el perfil de ácidos grasos de la leche y el queso, por ejemplo, incrementa la concentración del ácido octadecadienoico (C18:2) *cis*-9, *trans*-11 el cual da a la leche y sus productos un importante valor hipocolesterolémico (Elgersma *et al.*, 2006), así como otro importante ácido poliinsaturado como el C18:1 que es significativamente influenciado por la alimentación. En trabajos anteriores se ha analizado la influencia de la alimentación sobre la concentración de proteínas y la grasa de la leche (Coulon y Remond, 1991) que son importantes para el rendimiento quesero además de otras características. Confirmando así la información otorgada por algunos investigadores (Martínez *et al.*, 2015) y queseros quienes afirman sobre las diferencias en las características sensoriales de los quesos en los SSPi.

Existen cinco importantes ácidos grasos en pastos, aproximadamente el 95% se compone de linolénico, linoleico y palmítico (Hawke, 1973). Es así que el forraje fresco contiene una alta proporción (0.50 a 0.75) del contenido total de ácidos grasos como ácido α -linolénico, coincidiendo esta explicación con los resultados arrojados en esta investigación, observando que la concentración del ácido linoleico (C18:2n6) perteneciente al grupo de los ácidos Omega 6 no se encuentra en una mayor concentración en los quesos producidos en un SSPi. En contraste, alfa linolénico (C18:3n3) fue significativamente mayor lo cual es un aspecto positivo pues éste ácido graso pertenecen al grupo de los Omega 3, los cuales son esenciales para la nutrición humana ya que no son sintetizados por el cuerpo de las personas.

Los ácidos grasos de cadena larga de la familia Omega 3 son llamados “esenciales” debido a su importancia en la preservación de la salud y en la prevención de enfermedades. El ácido alfa linolénico es considerado como un ácido graso principal o “padre” dentro de la familia de los Omega-3, cerca del 96% de este ácido parece ser absorbido en el intestino y ser metabolizado de diferentes formas entre las más destacadas es que puede fungir como substrato para la cetogénesis (proceso para crear cuerpos cetónicos), además de que puede ser

reciclado para producir otros ácidos grasos entre los cuales se encuentra al ácido Docosahexanoico (ADH), ácido Docosapentanoico (ADP) y el ácido Eicosapentanoico (AEP) esto a través de la desaturación y elongación del alfa linolénico.

El ácido alfa linolénico es precursor del AEP, el cual a su vez es un precursor de los eicosanoides los cuales controlan las reacciones inflamatorias. Esta es una de las principales razones por la cual se recomienda a las personas a consumir más ácidos grasos Omega 3. Siendo así que algunos estudios revelan que una ingesta de aproximadamente 2-3 g/día durante 6-12 meses por un adulto pudiese impartir efectos biológicos óptimos, que serían de larga duración (Whigham *et al.*, 2007)

9. CONCLUSIÓN GENERAL

Los resultados del presente estudio permiten concluir que el empleo de un Sistema Silvopastoril intensivo genera un aumento del contenido de ácidos grasos de cadena larga en el queso artesanal Tepeque efecto debido a la alimentación de los animales a base de pasto y forrajes de buena calidad demostrando dar lugar a un mayor contenido de compuestos saludables en la leche que otros sistemas de alimentación modificando así el perfil de ácidos grasos en la leche y el queso. Se concluye también que la concentración de los ácidos grasos en los períodos de maduración incrementa a medida que progresa la maduración de los quesos.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AbuGhazaleh, A.A y Holmes, L.D. 2007. Diet Supplementation with fish oil and sunflower oil to increase Conjugated Linoleic Acid levels in Milk Fat of Partially Grazing Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. (90): 2897-2904.
- Arriaga, J.C.M., Flores, G.F.J., Peña, C.G., Albarrán, P.B., García, M.A., Espinoza, O.A., González, E.C.E., Castelán, O.O.A. 2001. Participatory on-farm evaluation of the response to concentrate supplementation by cows in early lactation in smallholder peasant (campesino) dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 137: 97–103.
- Arriaga, J.C.M., Albarrán, P.B., Espinoza, O.A., García, M.A., Castelán, O.O.A. 2002. On-farm comparison of feeding strategies based on forages for small-scale dairy production systems in the highlands of central Mexico. *Experimental Agriculture*. 38: 375-388.
- ASOPROVAC. 2007. Asociación Española de Productores de Ganado de Carne. Guías de prácticas correctas de higiene: vacuno de cebo. 2da ed. Dirección General de Ganadería. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 47. Disponible en Línea en: <http://www.mapa.es/ganaderia/pags/practicas/ASOPROVAC.pdf>
- Avendaño, R.S. y Acosta, R.I. 2000. Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. *Maderas y Bosques*. (6): 56-71.
- Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A. y Griinari, J.M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of the American Society of Animal Science*.
- Bauman, D.E., Corl, B.A., Baumgard, L.H., Griinari, J.M. 2001. Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. Pages 221-250 in *Recent Advances in Animal Nutrition-2001*, P. C. Garnsworthy and J. Wiseman, eds. Nottingham University Press, Nottingham, UK.

- Bauman, D.E., Mather, I.H., Wall, R.J., Lock, L.A. 2006. Major Advances Associated with the Biosynthesis of Milk. *Journal of Dairy Science*. 89: 1235-1243.
- Bacab, P.M. y Solorio, S.F. 2011. Oferta y consumo de forraje y producción de leche en Ganado de doble propósito manejado en Sistemas Silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 13(3): 271- 278.
- Belury, M.A. 1995. Conjugated dienoic linoleate: a polyunsaturated fatty acids with unique chemical properties. *Nutrition Review*. (53): 83–89.
- Bergamo, P., Fedele, E., Iannibelli, L y Marzillo, G. 2003. Fat-soluble vitamin contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products. *Food Chemistry*. (82): 625-631.
- Camacho, H.Y. 1992. Mediciones del componente arbóreo: Cercas vivas y rompevientos. Notas de clase. Mimeo
- Casermeiro, J.R., Spahn, E., De Petre, A., Valenti, R., Butus, M., Díaz, E., Duarte, O., Chajud, A., Rosales, E., Montiel, J. 2008. Producción lechera en un sistema Silvopastoril mejorado. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 36(XIX): 215-255.
- Castelán, O.O.A., Solís, M.A.D., Martínez, L.R., Solorio, S.J. 2012. Carta técnica y de Identidad del Queso Tepeque. Producido en Sistemas Silvopastoriles intensivos. Valle de Tepalcatepec, Michoacán, México.
- CATIE 1993. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. La mujer rural, su papel en los agrosistemas de la región semi-seca de Centroamérica. Costa Rica. p 206.
- Chin, S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L., Pariza, M.W. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*. (5): 185-197.

- Chilliard, Y., Ferlay, A., Doreau, M. 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock Production Science*. (70): 31–48.
- Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J., Doreau, M. 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*. (109): 828-855.
- Chong, E.W.T., Sinclair, A.J., Guymer, R.H. 2006. Facts on fats. *Clinical and Experimental Ophthalmology*. (34): 464–471.
- Cook, M.E., Miller, C.C., Park, Y., Pariza, M. 1993. Immune modulation by altered nutrient metabolism: nutritional control of immune-induced growth depression. *Poultry Science*. (72): 1301–1305.
- Coulon, J.B. y Remond, B. 1991. Variations in milk output and milk protein content in response to the level of energy supply in the dairy cow. A review. *Livestock Production Science*. (29): 31-47.
- Elgersma, A., Tamminga, S., y Ellen, G. 2006. Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*. (131): 207-225
- Escobosa, L.A. y Avila, T.S. 2010. Alimentación. En: Producción de leche con ganado bovino. Manual moderno. México D.F. (9): 245-276.
- Espinel, R., Valencia, L.M., Uribe, F., Molina, C.H., Molina, E.J., Murgueitio, E., Galindo, W., Mejía, C.E., Zapata, A., Molina, J.P., Giraldo, J. 2004. Sistemas Silvopastoriles. Establecimiento y manejo. (E. Murgueitio, Ed.). Proyecto “Enfoques Silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas”. GEF- BANCO MUNDIAL - CIPAV - CVC COLCIENCIAS. Cali, Colombia. P.168.
- Elgersma, A., Tamminga, S., Ellen, G. 2006. Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology*. (131): 207–225.

- FIL-IDF50B: 1985. Lait et produits Laitiers. Guide de L'échantillonnage. Brussels, Belgium. (International Dairy Federation-Federation Internationale de Laiterie).
- FIL-IDF5B:1986. International Dairy Federation-Federation Internationale de Laiterie
- Griinari, J.M., Dwyer, D.A., McGuire, M.A., Bauman, D.E. 1996. Partially hydrogenated fatty acids and milk fat depression. *Journal of Dairy Science*. 79 (suppl. 1):177 (abs.).
- Griinari, J.M., Chouinard, P.Y., Bauman, D.E. 1997a. Trans fatty acid hypothesis of milk fat depression revised. In: *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf.* Cornell University, Ithaca, NY. 208–216.
- Griinari, J.M., Nurmela, K.V.V., Corl, B.A., Chouinard, P.Y., Bauman, D.E. 1998b. The endogenous synthesis of milk fat conjugated linoleic acid (CLA) from absorbed vaccenic acid in dairy cows. *AOCS 1998 Annual Meeting Abstracts*: 21 (abs.).
- Griinari, J.M., Bauman, D.E. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: Yuraweez M.P., Mossoba M.M., Kramer J.K.G., Pariza M.W., and Nelson G.J (Eds.). *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research, Vol. 1.* AOAC Press, Champaign, IL. pp. 120-200.
- Grundy, S.M. y Vega, G.L. 1998. Plasma cholesterol responsiveness to saturated fatty acids. *The American Journal of Clinical Nutrition*. (47): 822-824.
- Ha, Y.L., Grimm, N.K., Pariza, M.W. 1989. Newly recognized anticarcinogenic fatty acids: identification and quantification in natural and processed cheeses. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. (37): 75–81.
- Ha Y.L., Storkson J., and Pariza M.W. 1990. Inhibition of benzo (a) pyrene-induced for stomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Research*. (50): 1097-1101.

- Harfoot, C.G. y Hazlewood, G.P. 1988. Lipid metabolism in the rumen. In: The Rumen Microbial Ecosystem (Hobson, P.N., ed.). Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, The Netherlands. pp. 285–322.
- Harfoot, C.G. y Hazlewood, G.P. 1997. Lipid metabolism in the rumen. In: The Rumen Microbial Ecosystem. Hobson P.N. London, UK, Elsevier: 382-426.
- Hawke, J.C. 1973. Lipids In: Butler, G.W., Bailey, R.W. (eds). Chemistry and Biochemistry of Herbage. Academic Press, London, UK. 213-263.
- Hermansen, J.E. 1995. Prediction of milk fatty acid profile in dairy cows fed dietary fat differing in fatty acid composition. *Journal of Dairy Science*. (78): 872-879.
- Henderson, C. 1975. The isolation and characterization of strains of lipolytic bacteria from the ovine rumen. *Journal of Applied Bacteriology*. No. (39): 101-109.
- Houseknecht, K.L., Vanden, H.J.P., Moya, C.S.Y., Portocarrero, C.P., Peck, L.W., Nickel, K.P., Belury, M.A. 1998. Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the Zucker diabetic fatty fa/fa rat. *Biochemistry Biophysical Research Communications*. (244): 678–682.
- INEGI. 2009. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tepalcatepec Michoacán de Ocampo. Disponible en línea en: <http://www.inegi.gob.mx> Revisado el 20 de Mayo de 2013.
- Innocente, N., Praturlon, D., Corradini, C. 2002. Fatty acid profile of cheese produced with milk from cows grazing on mountain pastures, Italy, *Journal of Food Science*. (14): 217-224.
- Ip, C., Chin, S.F., Scimeca, J.A., Pariza, M.W. 1991. Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. *Cancer Research*. (51): 6118–6124.
- Ip, C., Scimeca, J.A., Thompson, H.J. 1994. Conjugated linoleic acid: a powerful anticarcinogen from animal fat sources. *Cáncer*. (74): 1050–1054.

- Ip, C., Banni, S., Angioni, E., Carta, G., McGinley, J., Thompson, H.J., Barbano, D., Bauman, D.E. 1999. Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. *Journal of Nutrition*. (129): 2135-2142.
- ISO 15885:2002 (IDF 184:2002) Milk fat determination of the fatty acid composition by gas liquid chromatography.
- Jiménez, F. y Muschler, R. 2001. Introducción a la agroforestería. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Módulos de Enseñanza Agroforestal CATIE/GTZ. Pp. 1-24.
- Jenkins, T.C. 1993. Symposium: advances in ruminant lipid metabolism. Lipid Metabolism in the Rumen. *Journal of Dairy Science*. (76): 3851.
- Jenkins, T.C. y McGuire, M.A. 2006. Major Advances in Nutrition: Impact on Milk Composition. *Journal of Dairy Science*. (89): 1302–1310.
- Jensen R.G. 2000. The Composition of Bovine Milk Lipids: January 1995 to December 2000. *Journal of Dairy Science* 85: 295-350.
- Jensen, R.G. 2002. The composition of bovine milk lipids: January 1995 to December 2000. *Journal of Dairy Science*. (5): 295-350.
- Kelly, M.L., Bauman, D.E. 1996. Conjugated linoleic acid: a potent anticarcinogen found in milk fat. In: *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf.* Cornell University, Ithaca, NY. pp. 68–74.
- Kelly, M.L., Berry, J.R., Dwyer, D.A., Griinari, J.M., Chouinard, P.Y., Van Amburgh, M.E., Bauman, D.E. 1998. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *Journal of Nutrition*. (128): 881–885.
- Kepler, C.R., Tucker, W.P., Tove, S.B. 1970. Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. IV. Substrate specificity and inhibition of linoleate Δ^{12} -cis, Δ^{11} -trans isomerase from *Butyrivibrio fibrisolvens*. *The Journal of Biological Chemistry*. (245): 3612.

- Lindmark, M.H. 2001. Composition of Swedish dairy milk. Report Nr 7025-P (In Swedish), Swedish Dairy Association.
- Lindmark, M.H. 2008. Fatty acids in bovine milk fat. Food and Nutrition Research. Report, Swedish Dairy Association, Lund, Sweden Coaction Publishing.
- Leakey, R. 1997. Reconsiderando la definición de agroforestería. Agroforestería en las Américas. 4 (16): 23-24.
- Lock, A.L y Garnsworthy, P.C. 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and $\Delta 9$ -desaturase activity in dairy cows. Livestock Production Science. (79): 47-59.
- Loor, J.J., A. Ferlay, A., A. Ollier, A., M. Doreau, M., Chilliard, Y. 2005. Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. Journal of Dairy Science. (88): 726-740.
- López, T.G. 2007. Sistemas agroforestales. SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Colegio de Post-graduados. Puebla. 8.
- Lunn, J. y Theobald, H.E. 2006. The health effects of dietary unsaturated fatty acids. British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin. 31: 178-224.
- MacGibbon, A.H.K. y Taylor, M.W. 2006. Composition and structure of bovine milk lipids. In: Fox PF, Mc Sweeney P.L.H., Eds. Advanced Dairy Chemistry. New York: Springer. 1-42.
- McGuire, M.A., McGuire, M.K., Guy, M.A., Sanchez, W.K., Shultz, T.D., Harrison, L.Y., Bauman, D.E., Griinari, J.M. 1996. Effect of dietary lipid concentration on content of conjugated linoleic acid (CLA) in milk from dairy cattle. Journal of Animal Science. No. 74 (suppl. 1): 266 (abs.).
- Mahecha, L., Rosales, M., Molina, CH., Molina, E. 1999. Evaluación de un sistema Silvopastoril de pasto estrella, *Leucaena* y Algarrobo forrajero, a través del año, en el Valle del Cauca. En: Memorias VI Seminario Internacional sobre Sistemas Agropecuarios Sostenibles. 28-30 de Octubre. Realizado por la Fundación CIPAV y LA FAO. Cali, Colombia.

- Mahecha, L. y Zoot, M.S. 2002. El Silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 15 (2): 226-231.
- Mantagnini, F. 1992. *Sistemas Agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos*. Organización para estudios Tropicales. San José, C.R. p 622.
- Martin, S.A., Jenkins, T.C. 2002. Factors affecting conjugated linoleic acid and trans-C18: 1 fatty acid production by mixed ruminal bacteria. *Journal of Animal Science*. (80): 3347–3352.
- Martínez, L.P., Ayala, B.A., Solorio, S.J. y Castelán, O.O. 2015. Efecto de un Sistema silvopastoril intensivo sobre el perfil de textura y composición fisicoquímica del queso artesanal Tepeque de México. *Revista Científica, FCV-LUZ*. XXV. (2): 153-158.
- Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M., y Le Frileux, Y. 2007. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. (68): 20-34.
- Murgueitio, E. 2005. Silvopastoral systems in the neotropics. In: *Silvopastoralism and sustainable land management*. (M.R. Mosquera-Losada, J. McAdam & A. Rigueiro-Rodríguez, Eds.). CABI Publishing. Wallingford, UK. p. 24
- Murgueitio, E., Cuellar, P., Ibrahim, M., Gobbi, J., Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Zapata, A., Mejía, C.E., Zuluaga, A.F., Casasola, F. 2006. Adopción de Sistemas Agroforestales Pecuarios Pastos y Forrajes. 29 (4): 365-381 *Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Matanzas, Cuba*.
- Murgueitio, E., e Ibrahim, M. 2008. Ganadería y medio ambiente en América Latina. En Murgueitio, E., Cuartas, C., Najaro, J. (eds). *Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo*. Fundación CIPAV, Cali-Colombia. Pp. 19-40.
- Musálem, S.M.A. 2001. *Sistemas agrosilvopastoriles*. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. p120

- Nash, D. 1976. Flora de Guatemala En: Fieldiana: Botany. 24 (XII): 323-325. Field Museum of Natural History.
- NRC. 1981. National Research Council. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academy of Science, Washington, DC.
- NRC. 1996. National Research Council. Carcinogens and Anticarcinogens in the Human Diet. National Academy of Science, Washington, DC.
- Nicolosi, R.J., Rogers, E.J., Kritchevski, D., Scimeca, J.A., Huth, P.J. 1997. Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherogenesis in hypercholesterolemic hamsters. *Artery*. (22): 266–277.
- Olmedo, G.R. y Coll-Hellin, L. 1976. Contribución al estudio de la grasa de leche de ovejas españolas. *Análisis Bromatológicos*. (38): 211-340.
- Osborn, H.T. y Akoh, C.C. 2002. Structured Lipids-Novel Fats with Medical Nutraceutical and Food Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. (3): 110-120.
- Palma, J.M. 2005. Los árboles en la ganadería del Trópico seco. *Avances en la Investigación Agropecuaria*. Enero-Abril. (9): 001. Universidad de Colima.
- Palmquist, D.L., Beaulieu, A.D., Barbano, D.M. 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science*. 76 (6): 1753-71.
- Palmquist, D.L., Lock, A.L., Shingfield, K.J., Bauman, D.E. 2005. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. In: Taylor, S.L. (Ed.), *Advances on Food Nutrition Resume*. Elsevier Academic Press, San Diego, CA. (50): 179–217.
- Parkash, S., y Jenness, R. 1968. The composition and characteristics of goat's milk: A review *Dairy Science Abstr.* (30): 67.
- Parodi, P.W. 1977. Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. *Journal of Dairy Science*. (60): 1550-1553.
- Parodi, P.W. 1997. Cow's milk fat components as potential anticarcinogenic agents. *Journal of Nutrition*. (127): 1055–1060.

- Parodi, P. 2004. Milk fat in human nutrition. *Australian Journal Dairy Technolgy.* (59): 3-59.
- Pérez, J.J. y Huerta, I. 2002. Agroforestería y ética ambiental en la gerencia de sistemas de producción. *Revista Venezolana de Gerencia*, Enero-Marzo, vol 7, número 017, Universidad del Zulia, Maracaibo Venezuela. Pp 64.74.
- Pezo, D. e Ibrahim, M. 1998. *Sistemas Silvopastoriles. Colección de Modelos de Enseñanza Agroforestal No. 2.* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Prandini, A., Geromin, D., Conti, F., Masoero, F., Piva, A., y Piva, G. 2001. Survey on the level of conjugated linoleic acid in dairy products. *Italian Journal of Food Science.* (13): 243-253.
- Prandini, A., Sigolo, S., Tansini, G., Brogna, N., y Piva, G. 2007. Different level of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy products from Italy. *Journal of Food Composition and Analysis* (20): 472-479.
- Reil, R.R. 1963. Physico-chemical characteristics of Canadian milk fat: unsaturated fatty acids. *Journal of Dairy Science.* (46): 102–106.
- Ríos, C.I. 1997. Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemls.) Gray en árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. 2da edición. Colciencias-CIPAV. Cali, Colombia p115-126.
- Ruiz, A.V. 2009. Ácidos grasos trans. Recomendaciones para reducir su consumo. *Revista Cubana Alimentación y Nutrición.* 19 (2): 364-369.
- SAGARPA. 1992. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. *Sistemas Agroforestales. Ficha técnica.* Colegio de Postgraduados-Campus Puebla.
- Scimeca, J.A., Thompson, H.J., Ip, C. 1994. Effect of conjugated linoleic acid on carcinogenesis. In: *Diet and Breast Cancer.* Amer. Inst. Breast Cancer, Plenum Press, New York, NY. pp. 59–65.

- Shingfield, K.J., Reynolds, C.K., Hervas, G., Griinari, J.M., Grandison, A.S., Beever, D.E. 2006. Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. (89): 714-732.
- SINAIS. 2009. Sistema Nacional de Información de Salud. Disponible en línea en: <http://sinais.salud.gob.mx/mortalidad/>
- Solís, M.A., Martínez, L.R., Solorio, S.J., Estrada, F.J., Avilés, N.F., Gutiérrez, I.A.T. y Castelán, O.O. 2013. Características del queso Tepeque de la Tierra Caliente de Michoacán: un queso producido en un sistema Silvopastoril intensivo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. (16): 201-214.
- Somarriba, E. 1990. ¿Qué es agroforestería?: *El Chasqui*. (24): 5-13.
- Stanton, C., Murphy, J., McGrath, E., Devery, R. 2003. Animal feeding strategies for conjugated linoleic acid enrichment of milk. In: Sebedio, L., Christie, W.W., Adolf, R. (Eds.), *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*, vol. 2. AOCS Press, Champaign, IL, pp. 123-145.
- Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., van Boekel, M.A.J.S. 1999. *Dairy technology: principles of milk properties and processes*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Whigham, L.D., Wastras, A.C. y Schoeller, D.A. 2007. Efficacy of conjugated linoleic acid for reducing fat mass: a meta-analysis in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*. (85): 1203-1211.
- WHO-FAO. 1994. *Fats and Oils in Human Nutrition*. Report of a joint expert consultation, Rome. 57. Disponible en línea en: <http://www.fao.org/docrep/V4700E/V4700E00.htm> Revisado el 18 de enero de 2013.
- Yamamoto, W., Dewi, I.A., Ibrahim, M. 2007. Effects of silvopastoral áreas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. *Agricultural Systems*. (94): 368-375.

- Zárate, S. 1987. *Leucaena leucocephala*. Phytología. 63 (4): 304-306.
- Zheng, H.C., Liu, J.X., Yao, J.H., Yuan, Q., Ye, H.W., Ye, J.A., Wu, Y.M. 2005. Effects of dietary sources of vegetable oils on performance of high-yielding lactating cows and conjugated linoleic acids in milk. Journal of Dairy Science. (88): 2037-2042.
- Zlatanov, S., Laskaridis, K., Feist, C., y Sagredos, A. 2002. CLA content and fatty acid composition of Greek feta and hard cheeses. Food Chemistry 2002; (78): 471-477.

11. ANEXOS



UADY
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE YUCATÁN



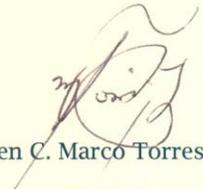
**XLI REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA
PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y SEGURIDAD
ALIMENTARIA A.C.**
**VII REUNIÓN NACIONAL SOBRE SISTEMAS AGRO Y
SILVOPASTORILES**

CONSTANCIA

a
ANA ROSA PRAGA AYALA

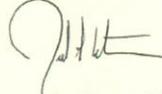
Por su participación:
Como Ponente

**“Por una producción animal sustentable para el logro
de la soberanía alimentaria y el combate a la pobreza”**


M. en C. Marcó Torres León
Director
CCBA - FMVZ - UADY


Dr. José Manuel Palma García
Presidente del Colegio Nacional
de Agroforestería Pecuaria


Dr. Felipe Rodríguez Almeida
Presidente de la Asociación Mexicana
para la Producción Animal y Seguridad
Alimentaria, A.C.


Dr. Fernando Centurión Castro
Presidente del Comité Organizador

Mérida, Yucatán, México del 2 al 4 de Julio de 2014