



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTILÁN**

**“Efecto de la utilización de concentrados en el
balance de ácidos grasos esenciales omega 3
omega 6 en la leche de pastoreo”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

HANIA NASSIRA GAYTAN VILLAMAR

ASESOR:

Dr. MIGUEL ANGEL GALINA HIDALGO

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A mi hija Sarahí Esperanza, a la que amo con toda mi alma, la persona más importante en mi presente y futuro, la que me motivo día a día en la realización de mi tesis, por la que me hace ser una persona de bien, con objetivos en la vida

A mis padres Adela e Ismael que siempre estuvieron al pendiente de mí, apoyándome en cada momento.

Al Doctor Miguel Ángel Galina Hidalgo por darme su apoyo incondicional, por su confianza, y enseñarme cosas nuevas.

Al Doctor Benito López Baños que admiro y respeto y que es un ejemplo a seguir como persona y profesor, gracias por apoyarme en los momentos más difíciles de mi tesis, y ayudarme siempre.

Gracias a cada uno de ellos porque sin su ayuda este sueño no se culminaría jamás.

Gracias a todos los animalitos que dieron su vida para que yo aprendiera su anatomía, su fisiología y sus patologías, para ser una excelente Médico Veterinario Zootecnista.

CONTENIDO

	PÁGINA
1. La producción de leche en México	4
2. Composición nutricional de la leche	4
2.1. Importancia del consumo de la leche	5
3. Antecedentes de la calidad de la leche de pastoreo en México	5
4. Ventajas de la calidad de la leche con omega 6 (ω 6) y omega 3 (ω 3) en el ser humano	8
5. Ácidos grasos	9
5.1. Clasificación de los ácidos grasos	10
5.2. Ácidos grasos saturados	11
5.3. Ácidos grasos insaturados	12
6. Beneficios del omega 3 (ω 3) para la salud	15
6.1. Beneficios del omega 6 (<u>ω6</u>) para la salud	15
7. Digestión y metabolismo de los lípidos en los rumiantes	16
7.1. Lipólisis	17
7.2. Biohidrogenación	18
8. Hipótesis	19
9. Objetivos Generales	19
10. Material y métodos	19
11. Análisis estadístico	21
12. Resultados	22
13. Discusión	27
14. Conclusión	28
15. Bibliografía	29

1. La producción de leche en México.

México tiene una actividad ganadera la cual está enfocada a la generación de alimentos para consumo humano, donde la leche representa la quinta parte de valor de la producción pecuaria en México, siendo la tercera en importancia; en nuestro país se ordeñan 11 millones de litros de leche de los cuales el 80% provienen de altas o medianas productoras, de aproximadamente 50 mil establos de 100 vacas o más, sólo el 20% lo producen estacionalmente ganaderos de menos de 50 vacas, principalmente en los trópicos (SAGARPA, 2017).

El sistema de manejo tradicional de lechería no especializada concentra al 67% del hato de nuestro país participando tan sólo con el 20% de la producción de lácteo a nivel nacional. Este sistema tradicional utiliza ganado Cebú criollo o cruza con Suizo, Holstein y/o Simmental, (SAGARPA, 2017).

SAGARPA reporto que en el año 2017 hubo una producción nacional de 11, 808 millones de litros de leche, los estados con mayor producción láctea fueron Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua, Guanajuato, Veracruz, Puebla, México, Aguascalientes y Chiapas.

La Cámara Nacional de Industriales de la Leche (CANILEC) destaco que el consumo *per cápita* es de 340ml al día y 97.9 litros anuales (CANILEC, 2018).

2. Composición Nutricional de la leche

La leche proporciona nutrientes esenciales y es una fuente importante de energía alimentaria, proteínas de alta calidad y grasas. La leche puede contribuir considerablemente a la ingestión necesaria de nutrientes como el calcio, magnesio, selenio, riboflavina, vitamina B12 y ácido pantoténico. La leche y los productos lácteos son alimentos ricos en nutrientes y su consumo puede hacer más diversa las dietas basadas principalmente en el consumo de vegetales. La leche de origen animal puede desempeñar un papel importante en las dietas de los niños en poblaciones con bajo nivel de ingestión de grasas y acceso limitado a otros alimentos de origen animal (FAO, 2018).

Tabla 1. Composición de la leche de vaca.

	Proteína total	Caseína	Seroproteína	Grasa	Carbohidratos	Cenizas
Leche de vaca	3.5%	2.8%	0.7%	3.7%	4.8%	0.7%

(FAO, 2018)

2.1. Importancia del consumo de la leche

El consumo de la leche y productos lácteos contribuye a la ingesta de ácidos grasos esenciales, y vitaminas en la dieta humana, ya que juega un papel crítico en las propiedades sensoriales de esos alimentos (Chilliard y Ferlay, 2004).

La grasa de la leche es también una fuente importante de omega 6, ya que tienen función anticancerígena, antiarteriogénica, inmunomoduladora, promueven el crecimiento y una masa corporal magra (Tanaka, 2005).

El contenido de grasa en la leche tiene una gran proporción (70-75%) de ácidos grasos saturados (AGS) (Lock y Shingfield, 2004). Los AGS de cadena mediana (laúrico, C12:0; mirístico C14:0 y palmítico C16:0), los cuales representan la mayor parte de los AGS en la leche, han sido relacionados con un aumento de la concentración de colesterol y de lipoproteínas de baja densidad (Williams, 2000).

Sin embargo, la cantidad de cada tipo de AG no es suficiente para determinar su efecto fisiológico, hay que considerar también la relación entre AG. Así, Clandinin et al, (2000) sugieren que el ácido palmítico (C16:0) puede no tener efectos negativos si se consume una cantidad adecuada de ácido linoléico (C18:2; n-6, ω6).

El ácido linoleico conjugado (ALC) 18:2 *n-7 cis-9 trans-11* es el isómero predominante en la grasa de la leche de vaca, que representa el 75-90% del total y se conoce con el nombre común de **ácido ruménico**, debido a su relación única con los animales pertenecientes a dicho suborden (Kramer et al, 1998). Mientras que el ácido ruménico está asociado a los efectos benéficos descritos antes, los efectos de otros ALC y el **ácido vaccénico** (18:1 *n-7 trans-11*) se ha correlacionado en algunos estudios con la aparición de ciertos tumores (Field et al, 2009). Sin embargo, en otros se ha indicado un efecto benéfico del ácido 18:1 *n-7 trans-11* por ser el precursor del ácido 18:2 *n-7 cis-9 trans-11*, y por su propia cuenta, por modular el efecto del PPARα (receptor activado por el inductor de la proliferación de peroxisomas tipo alfa) que disminuye los niveles de triglicéridos en la sangre, en particular cuando la dieta es rica de AGS (Moya-Camarena et al, 1999).

Recientemente ha sido probado que un menor contenido de AGS favorece la salud humana, debido a su papel en las enfermedades crónico degenerativas y coronarias (Pfeuffer., 2000 y Schrezenmeir, 2000)

3. Antecedentes de la calidad de la leche de pastoreo en México.

Galina et al., 2012; 2013 ha realizado una serie de trabajos de investigación por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México, enfocados a la calidad nutricional de la leche en México, que han permitido certificar las bondades del pastoreo tanto en vacas, como en cabras y recientemente en borregas.

Galina et al, 2012; 2013; 2014a; 2014b observó que un contenido mínimo de ácidos grasos saturados en la leche de animales procedentes de pastoreo contrastando con una presencia significativa de ácidos grasos saturados en la leche de animales en estabulación.

El contenido de omega 6 en la leche es mayor en animales que reciben raciones con una mayor proporción de forraje, que pueden estar afectados por el tipo de forraje suministrado, y es mayor en animales de pastoreo que cuando reciben forrajes conservados (ensilados) (Weiss et al., 2004 a; b; Mele et al., 2006).

El efecto enriquecedor de las pasturas sobre los niveles de omega 6 en la leche se explica por el consumo del ácido linolénico proveniente del pasto, su posterior conversión en ácido trans vaccénico (C:18 trans-11) a nivel de rumen y la subsiguiente transformación a ALC cis-9 trans-11 por actividad de la enzima mamaria *delta-9 desaturasa* (Griinari y Bauman, 1999); se estima que más del 74% del ALC cis-9 trans 11 en la grasa de la leche es sintetizado a través de esta vía (Bichi et al., 2012).

El rango de las concentraciones de omega 6 en la leche de las vacas bajo pastoreo es amplio (0,5 a 1,7%), debido a cambios estacionales en la disponibilidad de pasto, asignación de pastura, composición botánica de los recursos naturales y pastos cultivados, concentración de lípidos y ácido linolénico (Chilliard y Ferlay, 2004; Schroeder et al., 2004), y al tipo de suplemento ofrecido (Rico et al., 2007); aunque los factores dietarios son los principales determinantes de las concentraciones de omega 6 en leche, otros factores como la raza Holstein quien produce más omega 6 que la Jersey (Lawless et al, 1999); el parto y el estado de lactación también presentan influencia (Lawless et al., 1999; White et al., 2001; Kelsey et al., 2003). Algunos autores han reportado mayores niveles de omega 6 en la leche de vacas alimentadas con pasto fresco que en seco y mayor omega 6 cuando hay diversidad de plantas forrajeras (Collomb et al., 2004).

La adición de forraje verde a la dieta de rumiantes aumenta la proporción de AG insaturados en la leche (Ferlay et al 2008, Frelich et al, 2009; Coppa et al, 2011; Leheska et al, 2008). El contenido de omega 6 en particular es hasta cinco veces más abundante (Dhiman et al, 1999). Una razón por la cual el forraje verde promueve esos incrementos es que la mayoría de los AG que contiene son 18:2 *n*-6, precursor de los ALC en el rumen, y 18:3 *n*-3 precursor de 18:1 *n*-7 *trans*-11, este último, intermediario en la síntesis de 18:2 *n*-7 *cis*-9 *trans*-11 (Griinari y Bauman, 1999).

El contenido del ácido linolénico (18:3 *n*-3) se reduce a la mitad en el heno con respecto al forraje verde (Izumi et al., 2002). Por otro lado, el pH del rumen afecta las especies de microorganismos que inducen la biohidrogenación, siendo mayor la producción de ALC a pH mayores de 6.0, lo cual sucede con forraje fresco (Martin y Jenkins., 2002). Entonces, la alimentación con forraje verde en lugar de materiales conservados o concentrados parece ser un medio simple y efectivo para aumentar el contenido de ALC en la leche de rumiantes (Tanaka, 2005).

Numerosos estudios en Europa, particularmente en Italia, donde se probó el nivel de calidad de la leche y queso como la expresión de una serie de moléculas aromáticas: terpenos, fenoles, flavonoides, antioxidantes, vitaminas y ácidos grasos insaturados (Galina et al., 2007a). Todos estos componentes dependen esencialmente de la cantidad de pasto que el animal ingiere, aún más del número de diferentes forraje verde que contenga, ya que cada forraje transfiere diferentes componentes a la leche. La mayoría de los forrajes verdes en los animales en libre pastoreo, son denominadas “maleza”, esta complejidad es importante porque se refleja en una leche “diferente”, de calidad superior en su perfil de ácidos grasos esenciales (Rubino, 2014).

Los sistemas de producción ganadera que se manejan en pastoreo, pueden impactar de forma positiva en la salud de la población, produciendo leche o queso de mejor calidad nutricional para el consumidor (Galina et al., 2009^a; 2009b; 2009c). Los alimentos de origen animal provenientes de estos sistemas, pueden ser considerados como alimentos funcionales y/o como fuente de compuestos nutraceuticos (Galina et al., 2007; 2014^a; 2014b).

Otro mecanismo que pudiera contribuir a la producción de leche de calidad sería el suplementar con probióticos de bacterias ácido lácticas (BAL). Esto se debe a su efecto de biohidrogenación (BH) ruminal, que consiste en la saturación de ácidos grasos insaturados, abundantes en las plantas (Galina et al., 2012).

La presencia de flavonoides, antioxidantes y ácidos aromáticos aumentan significativamente en el pastoreo, particularmente en el sistema silvopastoril. Cuando se habla de la calidad de la leche, la ordeña de los animales en pastoreo presenta un contenido variado, pero en general la leche presenta un bajo contenido de colesterol, porque proviene de un origen vegetal diverso comparado con productos de animales en estabulación (Scchiari et al 2008; Rubino et al 2012).

La leche de los animales en pastoreo tiene un contenido de ácidos grasos insaturados mayor que el de animales en estabulación. Los ácidos grasos saturados (AGS) son los implicados en la mayor parte de las enfermedades cardiovasculares asociados con la obesidad, disminuyendo la concentración de alfa tocoferol en los tejidos de los animales en pastoreo. La calidad de los productos pecuarios como la leche es superior cuando los rumiantes son manejados en pastoreo, superando significativamente a los animales en estabulación (Scchiari et al 2008; Rubino et al 2012).

4. Ventajas de la calidad de la leche con omega 6 (ω 6) y omega 3 (ω 3) en el ser humano.

Se recomienda que para disminuir la incidencia de ciertos problemas de salud el alimento debe tener una relación de ácidos grasos de omega 6/ omega 3, 4:1% o lo más baja posible, así como una proporción baja de ácidos grasos saturados, que no deberían de ascender a más del 15-30% (Dewhurst et al, 2006).

Los isómeros dienoicos del omega 6 denominados como ácido linoleico conjugado tiene propiedades antitumorales, y anticolesteremicas, y se encuentran en productos de origen animal, particularmente en la leche de animales en pastoreo, en concentraciones cuatro veces mayor que en animales en estabulación se acumulan particularmente en el queso (Rubino et al 2012).

La leche de pastoreo contiene un nivel inferior de colesterol y un nivel mayor de antioxidantes. Esto se traduce en una capacidad de antioxidantes mayor, uno de los elementos probados contra el crecimiento de tumores, acompañados de derivados de alcohol como los monoterpenos que reducen en la formación de células tumorales (Cuhillo, 2004). El componente aromático es más fuerte en la leche de pastoreo (Rubino, 2014).

Diversas investigaciones han mostrado la asociación de entre la ingesta de ácidos grasos saturados en la dieta, con los niveles de colesterol sérico y las enfermedades cardiovasculares (ECV), en las últimas décadas han quedado demostrado que no todos los ácidos grasos tienen los mismos efectos. En estudios metabólicos se ha observado que los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) disminuyen los niveles de colesterol mientras que los ácidos grasos saturados (AGS) lo aumentan (Rubino, 2014).

Se ha sugerido que la presencia de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta normal, puede tener un papel inmunosupresor natural, ya que estos reducen la actividad inmunológica por sus efectos sobre los linfocitos. Un número considerable de linfocitos es liberado dentro del torrente vascular desde nodos linfáticos mesentéricos, están expuestos a altas concentraciones de cualquiera de los ácidos grasos poliinsaturados presentes en la dieta (Newsholme, 1987).

Se considera que la autoinmunidad es la base de una amplia variedad de enfermedades, incluyendo esclerosis múltiple, artritis reumatoide, polineuritis, diabetes mellitus dependiente de insulina. El tratamiento clínico actual de las enfermedades autoinmunes implica e uso de esteroides y una variedad de drogas inmunosupresoras, algunas de las cuales son altamente tóxicas. Se ha hecho la sugerencia de que puede ser benéfico el tratamiento de estas enfermedades con una dieta rica en ácidos grasos poliinsaturados (Newsholme, 1987).

5. Ácidos grasos:

Los ácidos grasos se encuentran en el cuerpo principalmente como ésteres en grasas y aceites naturales, pero existen en la forma no esterificada como **ácidos grasos libres**, una forma de transporte en el plasma. Los ácidos grasos que se hallan en grasas naturales por lo general contienen un número par de átomos de carbono. La cadena puede ser **saturada** (no contiene dobles enlaces), o **insaturada** (contiene uno o más doble enlaces) (Harper et al, 2016). Los **ácidos grasos insaturados** con un doble enlace se llaman **monoinsaturados (MUFA)** y aquellos con dos o más se llaman **poliinsaturados PUFA** (Melo, 2007).

También pueden ser llamados **ácidos grasos esenciales** a los que contienen al menos un doble enlace en una posición más allá del átomo de carbono en posición nueve desde el carboxilo terminal del ácido graso; se propuso que tres ácidos grasos insaturados eran esenciales: **ácido linoléico (omega 6)**, **ácido linolénico (omega 3)** y **ácido araquidónico** (Melo, 2007).

Estos ácidos grasos junto con el **ácido Y-linoléico** se pueden sintetizar en el hígado desde el **ácido linoléico** por los sistemas de desaturación y elongación, el ácido linoléico es esencial si se ingiere en suficiente cantidad para la síntesis de otros ácidos grasos poliinsaturados. Estos ácidos grasos esenciales se encuentran presentes en plantas y triacilgliceridos de las semillas de aceite vegetal (Newsholme, 1987).

Estos ácidos grasos son ácidos orgánicos de cadena larga que poseen desde 4 a 24 átomos de carbono, tienen un grupo carboxilo y una "cola" prolongada no polar hidrocarbonada que confiere la mayor parte de los lípidos su naturaleza de insolubles en el agua y su aspecto y consistencia grasosa u oleaginosa dicha cadena larga no es ramificada (Newsholme, 1987).

La mayor parte de los ácidos grasos tienen un par de átomos de carbono debido a que normalmente se biosintetizan por concatenación de unidades de C (Newsholme, 1987).

Los ácidos grasos poco frecuentes también se presentan como componentes de los aceites y grasas (ésteres de ácidos grasos y alcoholes de cadena larga) producidos por ciertas plantas. La mayor parte de los ácidos grasos microbianos son de cadena recta, pero algunos están ramificadas, por lo general son monoinsaturados, rara vez son poliinsaturados, hidroxilados o contienen anillos de ciclopropano. El hecho de que las unidades para construir al ácido graso sean saturadas o no saturadas y su grado de insaturación tienen consecuencias importantes en el funcionamiento de los ácidos grasos (Newsholme, 1987).

Los dobles enlaces de configuración **cis** producen enrollamientos en una cadena de estos ácidos, por consiguiente, cuanto más dobles enlaces posea la cadena de

ácidos grasos, más difícil será que empaque estas largas cadenas. Esto disminuye la temperatura de fusión de los lípidos que contienen tal ácido graso.

La abundancia de dobles enlaces en las grasas vegetales explica su estado líquido, tanto dentro de las células vegetales como en las formas comerciales. Las grasas líquidas a temperatura ambiente se denominan aceites, las grasas sólidas están formadas por aceites vegetales insaturados mediante la reducción química con dobles enlaces por átomos de hidrógeno (proceso denominado hidrogenación) (Melo, 2007).

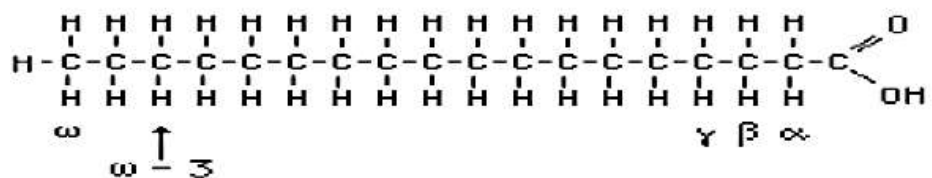
Los puntos de fusión de ácidos grasos de carbono con un número par se incrementan con la longitud de la cadena y disminuyen de acuerdo con la saturación. Un triacilglicerol que contiene tres ácidos grasos saturados de 12 carbonos o más es sólido a la temperatura corporal, mientras que si los residuos ácido graso son poliinsaturados, es líquido hasta por debajo de 0° C.

En las plantas superiores y en los animales, los restos de ácidos grasos predominantes son los de las especies de C₁₆ y C₁₈; los **ácidos palmítico, oleico, linoleico y esteárico**. Los ácidos grasos con menos de 14 o más de 20 átomos de carbono son raros (Harper, 2016).

5.1. Clasificación de los ácidos grasos

Los átomos de carbono se enumeran desde el carboxilo (carbono núm. 1). Los átomos de carbono adyacentes al carbono carboxilo (nums. 2, 3 y 4) también se conocen los carbonos α, β y γ, respectivamente, y el carbono metilo terminal recibe el nombre de carbono ω o n (Harper, 2016) (fig. 3).

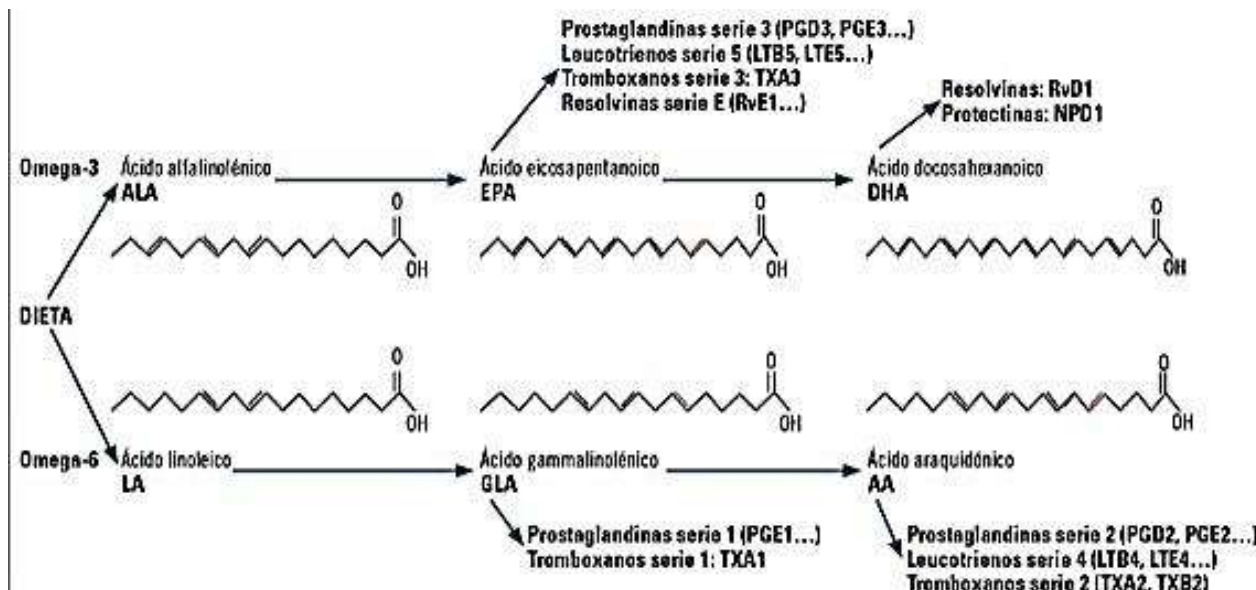
Figura 1. Los carbonos de la cadena hidrocarbonada se identifican como α, β o γ si son el 1°, 2°, 3° carbono desde el grupo carboxilo o como ω desde el grupo metilo.



(Fuentes, 2009)

Existen dos familias: la serie del ácido linoléico (**AL**), u omega 6, y la del ácido alfa linoléico (**ALA**), también denominada omega 3.

Figura 2. Esquema de la ruta metabólica y estructura de los ácidos grasos esenciales.



(Revista El Farmacéutico, 2016)

5.2. Ácidos grasos saturados

Las cadenas de carbono de ácidos grasos saturados forman un modelo en zigzag cuando se extienden a temperaturas bajas. A temperaturas más altas, algunos enlaces rotan lo que da por resultado acortamiento de la cadena; ello explica porque las biomembranas se hacen más delgadas con los aumentos de la temperatura (Harper, 2016).

Tabla 2. Ácidos grasos saturados

Nombre común	Números de átomos de C	Localización
Acético	2	Principal producto terminal de la fermentación de carbohidrato por organismos del rumen.
Butírico	4	En ciertas grasas en cantidades pequeñas (en especial mantequilla). Un producto terminal de la fermentación de carbohidratos por organismos del rumen ¹
Valérico	5	Proveniente del raíz valeriana.
Caproico	6	
Láurico	12	Espermaceti (esperma de ballena); aceites de canela, palmiste y coco; laureles, mantequilla.
Mirístico	14	Aceites de nuez moscada, palmiste y coco, mirtos, mantequilla
Palmítico	16	Común en todas las grasas de animales y vegetales.

Esteárico	18	Presente en aceites y grasas animales
-----------	----	---------------------------------------

¹ También se forma en el ciego de herbívoros y en menor grado en el colon de seres humanos. (Melo, 2007)

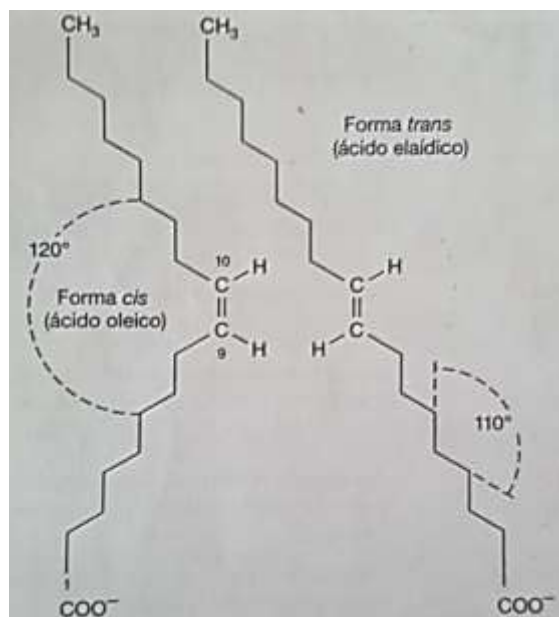
5.3. Ácidos grasos insaturados

Los ácidos grasos insaturados pueden subdividirse de la siguiente forma:

1. **Ácidos monoinsaturados** (monoetenoide, monoenoico) que contienen un doble enlace.
2. **Ácidos poliinsaturados** (polietenoide, polienoico), que contiene dos o más dobles enlaces.
3. Estos compuestos derivados de ácidos grasos polienoicos eicosa (20 carbonos), incluyen **prostanoides, leucotrienos (LT) y lipoxinas (LX)**. Los prostanoides comprenden **prostaglandinas (PG), prostaciclina (PGI) y tromboxanos (TX)**. Los leucotrienos y las lipoxinas son un tercer grupo de derivados eicosanoides formados mediante la vía de la lipoxigenasa. Se caracteriza por la presencia de 3 o 4 dobles enlaces conjugados. Los leucotrienos causan broncoconstricción; son potentes agentes proinflamatorios y están implicados en el asma (Harper, 2016).

En los ácidos grasos insaturados se observa un tipo de **isomerismo geométrico**, según la orientación de átomos o grupos alrededor de los ejes de dobles enlaces, que impiden la rotación. Si las cadenas acilo están en el mismo lado del enlace, es *cis*-, como el ácido oleico; si están en lados opuestos, es *trans*-, como en el ácido eláidico, el isómero *trans* del ácido oleico (Harper, 2016).

Figura 3. Isomerismo geométrico de ácidos grasos Δ^9 , 18:1 (ácido oleico y elaídico). No hay rotación alrededor de dobles enlaces de carbono- carbono. En la configuración *cis*-, la cadena acilo se encuentra en el mismo lado del enlace, mientras que en la forma *trans* están en lados opuestos.



(Harper, 2016).

Casi todos los dobles enlaces en ácidos grasos de cadena larga insaturados presentes de manera natural están en la configuración *cis*; las moléculas están “dobladas” 120 grados en el doble enlace. El incremento del número de dobles enlaces *cis* en un ácido graso da pie a diversas posibles configuraciones espaciales de la molécula (Harper, 2016).

Los dobles enlaces *trans* alteran estas relaciones espaciales. Los **ácidos grasos *trans*** están presentes en ciertos alimentos, y surgen como alimentos como un subproducto de la saturación de ácidos grasos durante hidrogenación o “endurecimiento” (Harper, 2016).

Tabla 3. Ácidos grasos insaturados de importancia fisiológica y nutricional.

Numero de átomos de C y número y posición de dobles enlaces comunes	Familia	Nombre común	Nombre sistemático	Aparición
Ácidos monoenoicos (un doble enlace)				
16:1;9	$\omega 7$	Palmitoleico	<i>Cis</i> -9-Hexadecenoico	En casi todas las grasas.
18:1;9	$\omega 9$	Oleico	<i>Cis</i> -9-Octadecenoico	Posiblemente el ácido graso más común en grasas naturales particularmente
18:1;9	$\omega 9$	Elaídico	<i>Trans</i> -9-	Grasas hidrogenada y de

			Octadecenoico	rumiantes.
Ácidos dienoicos (dos dobles enlaces)				
18:2;9,12	ω 6	Linoleico	Holo- <i>cis</i> -9,12-octadecadienoico	Maíz, cacahuete o maní, semillas de algodón, frijol de soja y muchos aceites vegetales.
Ácidos trienoicos (tres dobles enlaces)				
18:3;6,9,12	ω 6	γ -Linoléico	Holo- <i>cis</i> -6,9,12-octadecadienoico	Algunos vegetales, aceite de onagra, aceite de borraja; ácido graso menor en animales.
18:3;9,12,15	ω 3	α -Linolénico	Holo- <i>cis</i> -6,9, 12, 15-octadecadienoico	Suele encontrarse con ácido linoleico, pero se halla particularmente en el aceite de linaza.
Ácidos tetraenoicos (cuatro dobles enlaces)				
20:4;5,8,11,14,	ω 6	Araquidónico	Holo- <i>cis</i> -5,8,11,14-eicosatetraenoico	Se encuentra en grasas de animales; es un componente importante de fosfolípidos en animales.
Ácidos pentaenoicos (cinco dobles enlaces)				
20:5;5,8,11,14,17	ω 3	Timnodónico	Holo- <i>cis</i> -5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico	Componente importante de aceites de pescado, aceites de hígado de bacalao, caballa, sábalo atlántico y salmón.
Ácido hexaenoicos (seis dobles enlaces)				
22:6;4,7,10,13,16,19	ω 3	Cervónico	Holo- <i>cis</i> -4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico	Aceites de pescado, fosfolípidos en el cerebro.

(Harper, 2016)

Los mamíferos y las plantas contienen ácidos grasos tanto monoinsaturados como poliinsaturados, mientras que todos los ácidos grasos de las bacterias que contienen enlaces dobles son monoinsaturados. Los enlaces dobles de los ácidos poliinsaturados no están conjugados ni en posiciones adyacentes, ya que en este caso su estructura se oxidaría muy fácilmente al ser expuestos a un entorno con oxígeno (Melo, 2007).

Los enlaces dobles están separados por una distancia de tres átomos de carbono, lo que les proporciona una mejor protección frente a la oxidación.

Se denomina autooxidación o peroxidación a la oxidación de los enlaces insaturados de los ácidos grasos cuando quedan expuestos al oxígeno del entorno. Las grasas rancias son las que contienen una cantidad apreciable de ácidos grasos peroxidados (Melo, 2007).

Una pequeña contribución adicional proviene de la ingestión de grasa de rumiante que contiene ácidos grasos *trans*, que surgen a partir de la acción de microorganismos en el rumen; ahora se sabe que el consumo de ácidos grasos *trans* es nocivo para la salud, y se relaciona con aumento del riesgo de enfermedades, entre ellas enfermedad cardiovascular y diabetes mellitus. Esto ha llevado a desarrollar tecnología mejorada para producir bajos o nulos de ácidos grasos *trans* (Newsholme, 1987).

6. Beneficios del ácido linolénico (ω 3) para la salud.

Los ácidos grasos ω 3 de cadena larga, como α -linolénico (**ALA**) que se encuentra en aceites de plantas, eicosapentaenoico (**EPA**), se encuentra en aceite de pescado y el docosahexaenoico (**DHA**) se encuentra en aceite de pescado y de algas, tienen efecto antiinflamatorio, debido a sus efectos en la promoción de la síntesis de prostaglandinas y leucotrienos menos inflamatorios en comparación con los ácidos grasos omega 6 (Harper, 2016).

La evidencia actual sugiere que las dietas ricas en ácidos grasos ω 3 de cadena larga, son beneficiosas, en particular para la enfermedad cardiovascular, pero también para otras enfermedades crónicas degenerativas, como el cáncer, artritis reumatoide y Alzheimer (Harper, 2016).

El EPA y el DHA tienen efecto antiagregante y antiarrítmico, por lo que son útiles en pacientes hipertensos, ya que reducen la presión sanguínea y contribuyen a prevenir la aterosclerosis al disminuir las concentraciones de colesterol y los niveles de triglicéridos en plasma. De hecho, los estudios realizados han demostrado que los aceites de pescados ricos en ω 3 pueden prevenir y disminuir la incidencia de la aterosclerosis, angina de pecho, ataque cardíaco, arritmias e infartos, aunque la dosis requerida son altas, por lo que el tratamiento debe ser supervisado por el médico.

El ω 3 es necesario para el correcto funcionamiento y desarrollo cerebral. También mejoran los problemas visuales, pues favorecen la síntesis de las membranas celulares de las neuronas del nervio óptico.

Las dietas deficitarias en DHA pueden inducir bajos niveles de serotonina, lo que se relaciona con un aumento de la incidencia de depresión, agresividad y pérdida de memoria, con la consiguiente disminución de la capacidad de aprendizaje. Los ácidos grasos de la familia ω 3 tienen un papel destacado en la prevención de algunas enfermedades degenerativas, y podrían disminuir los síntomas de los individuos con trastorno bipolar, depresión, enfermedad de Alzheimer, alcoholismo, síndrome de Zellweger y fenilcetonuria.

Un aporte adecuado de $\omega 3$ puede aliviar los síntomas de la enfermedad de Crohn y la colitis ulcerosa, e incluso reducir el riesgo de padecer cáncer de colon.

Los $\omega 3$ pueden proporcionar beneficios sobre la diabetes, ya que algunas personas con esta patología no pueden convertir eficientemente el ALA a EPA y DHA.

Por otra parte, estudios epidemiológicos sugieren que las dietas ricas en $\omega 3$ reducen la incidencia y riesgo de padecer cáncer de próstata o de mama.

6.1. Beneficios del ácido linolénico ($\omega 6$) para la salud.

Además de sus efectos beneficiosos sobre la hipertensión, la hiperactividad y el déficit de atención, la artritis reumatoide y la psoriasis, estos ácidos grasos también pueden resultar útiles en la prevención y tratamiento de otras patologías como:

- **Neuropatías diabéticas.** Varios estudios han demostrado que la toma de GLA durante 6 meses podría reducir el dolor en las personas con neuropatías diabéticas.
- **Alergias.** Aunque no se ha demostrado un efecto directo sobre la reducción de los síntomas de alergia, se ha descrito que las mujeres propensas a este tipo de trastornos presentan bajos niveles de GLA.

7. Digestión y metabolismo de los lípidos en los rumiantes.

Los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), particularmente, el ácido linolénico (C18:2 cis-9, cis-12, AL) y el ácido alfa-linolénico (C18:3 cis-9, cis-12, cis-15, ALA), se encuentran en altas proporciones en los lípidos de los forrajes y de algunos suplementos (Bauman et al. 1999; Kelly et al. 1998; Agazzi et al. 2004; Choi et al. 2009; Shen et al. 2011; Zened et al. 2013). Estos ácidos forman parte de la dieta de los rumiantes y dependiendo de su concentración en la dieta, modifican el perfil de ácidos grasos de la leche. La composición de ácidos grasos en la leche de los rumiantes, se caracteriza por la presencia de una mayor concentración de ácidos grasos saturados que insaturados, debido al proceso de biohidrogenación (BH) en el rumen (Ashes et al. 1992; Bauman et al. 1999; Chow et al. 2004; Griinari & Bauman, 1999; Dhiman et al. 2000; Abughazaleh y Jacobson, 2007; Shen et al. 2011; Zened et al. 2013). Es por esto, que el conocimiento del proceso de BH, se considera un punto crítico para modificar la relación entre ácidos grasos saturados e insaturados, en la leche.

Se han estudiado diversos factores que afectan el proceso de BH del AL y ALA, como también estrategias nutricionales que muestran resultados positivos en el

incremento de ácido transvaccénico (C18:1 trans-11, ATV) y ácido linoléico conjugado (C18:2 cis-9, trans-11, ALC), en la leche y en la carne. Se ha reportado que estos compuestos tienen efectos potencialmente benéficos para la salud humana (Harfoot y Hazlewood, 1997; O'shea et al. 1998; Khanal, 2004; Herrera et al. 2004; Perfield et al. 2007) (Castillo, J.; Pabón, M.; Olivera, M.; Daza, E.; Ribeiro, C.; Carulla, J., 2013).

El primer paso que ocurre cuando los lípidos llegan al rumen es la hidrólisis de los enlaces de éster de los triglicéridos, fosfolípidos y glicolípidos, siendo este paso un prerrequisito para el proceso de biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados.

La hidrólisis es un proceso extracelular, y el glicerol y los azúcares que se liberan son rápidamente metabolizados por las bacterias ruminales que los convierten a ácidos grasos volátiles (AGV), principalmente propionato y butirato. Los productos finales de la hidrólisis son ácidos grasos libres y no se han encontrado otros compuestos intermediarios, como mono- o diglicéridos, en contenidos ruminales.

7.1. Lipólisis

En los rumiantes, el proceso de lipólisis se realiza principalmente, por la especie bacteriana *Anaerovibrio lipolítica*, ya que la acción de sus lipasas asociadas a sus estructuras membranosas externas, presentan un mecanismo lipolítico, estrictamente extracelular (Hobson y Summers, 1966; Hobson y Summer, 1967; Enjalbert et al. 2003).

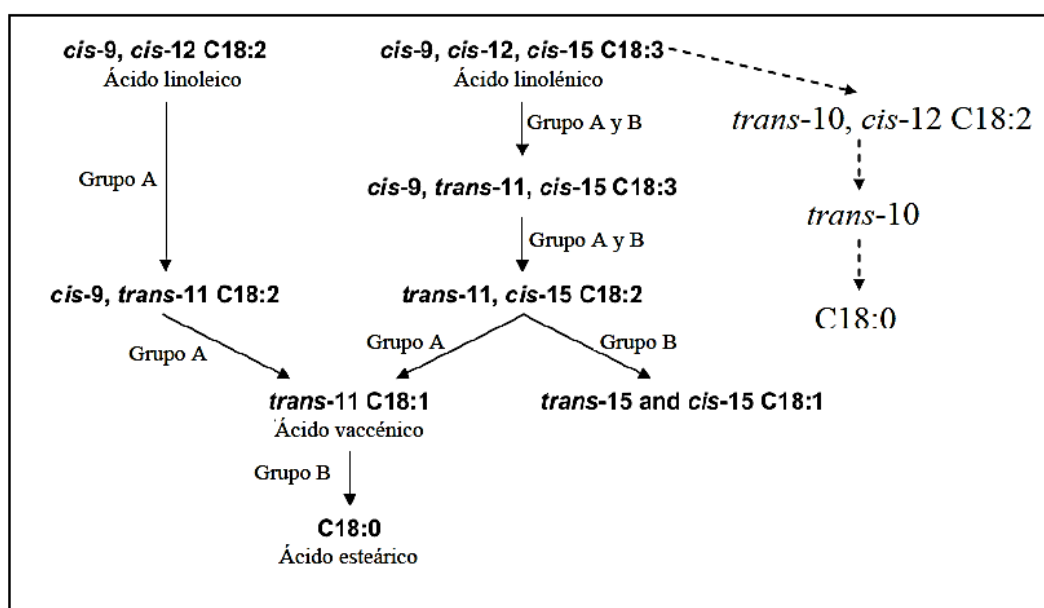
En la lipólisis, los galactoacilglicéridos se hidrolizan a glicerol, ácidos grasos y galactosa; los fosfolípidos, a ácidos grasos libres, fosfato y glicerol y los triacilglicéridos, a ácidos grasos y glicerol (Dawson et al. 1974; Jenkins et al. 2008; Kaniuga, 2008; Cabiddu et al. 2010; Halmemies-Beauchet-Filleau et al. 2013). El glicerol, se incorpora rápidamente a la glicólisis para la producción de piruvato, el cual, es posteriormente transformado en propionato, mediante el proceso de fermentación anaerobia (Jouany et al. 2007; Jenkins et al. 2008). La galactosa es rápidamente fermentada y transformada en ácidos grasos volátiles y los ácidos grasos mono y poliinsaturados, se biohidrogenan (Dawson et al. 1974; Hazlewood et al. 1976; Doreau et al. 2007). Los monogalactosildiacilglicéridos, se hidrolizan más rápidamente que los digalactosildiacilglicéridos (Dawson y Hemington, 1974; Dawson et al. 1974; Cabiddu et al. 2010) y los diacilglicéridos, se hidrolizan más rápidamente que los triacilglicéridos (Harfoot y Hazlewood, 1997; Shen et al. 2011). La velocidad de lipólisis aumenta cuando se incrementa el grado de insaturación de los ácidos grasos, con la excepción de los ácidos grasos presentes en los aceites de pescado (Harfoot y Hazlewood, 1997; Jenkins, 1993; AbuGhazaleh y Jenkins, 2004).

7.2. Biohidrogenación

Los ácidos grasos liberados de la lipólisis se adsorben a las partículas de alimento, ya que la mayor parte de la biohidrogenación (> 80%) ocurre en asociación con las partículas de alimento, donde son hidrogenados y/o incorporados a la fracción lipídica de las bacterias de la fase sólida (Demeyer y Doreau, 1999).

La biohidrogenación ruminal reduce claramente la cantidad de ácidos grasos insaturados de origen dietario que llegan al intestino delgado de la vaca. La ingestión de ácido linoleico en vacas lecheras va desde unos 70- 200g/d y sólo de unos 10 a 50g de ácido linoleico alcanzan el intestino delgado al día. Los principales sustratos de la biohidrogenación ruminal son ácido linoleico y linolénico y la tasa de biohidrogenación aumentan al aumentar la insaturación de los ácidos grasos. El paso inicial de la biohidrogenación ruminal consiste en la isomerización del doble enlace *cis*-12 a una configuración *trans*-11 resultando en un ácido graso conjugado di o trienoico. Después se produce una reducción del doble enlace *cis*-9 resultando en un ácido graso *trans*-11. Y el paso final es una hidrogenación del doble enlace *trans*-11 para producir ácido esteárico (vías del ácido linoleico y ácido linolénico) o *trans*-15 C18:1, (vía del ácido linolénico). El último paso de la biohidrogenación se considera el paso limitante de todo el proceso (Harfot y Hazlewood, 1988). En el caso del ácido oleico puede ser o no hidrogenado, isomerizado a *trans* C18:1 con dobles enlaces en las posiciones 6 hasta 16 de la cadena carbonada, o hidrogenado directamente hasta C18:0 (Mosley et al, 2002).

Figura 4. Proceso de biohidrogenación ruminal.



Bauman et al, 2003

8. Hipótesis

La leche producida por vacas de pastoreo tiene un menor contenido de ácidos grasos omega 6 que la leche de vaca obtenida por vacas que se alimentan de concentrado, aumentando la cantidad de ácidos grasos omega 6, disminuyendo significativamente el omega 3.

9. Objetivos

Medir la cantidad de ácidos grasos saturados e insaturados que se encuentran en la leche de vacas de pastoreo y las vacas que son suplementadas con concentrados.

Comparar si los dos tipos de dieta ofrecida modifican la cantidad de ácidos grasos esenciales en la leche para consumo humano.

10. Material y método

Se tomaron 25 muestras de leche, una muestra representativa por cada rancho ganadero provenientes de los municipios de Tuxpan y Carranza en el estado de Veracruz, en la temporada de Julio, 2016. De los 25 ranchos estudiados, se dividieron en dos grupos, el grupo 1 estaban los 14 ranchos que suplementaban su alimentación con concentrado (alimento comercial de la zona, cascara de naranja) durante la ordeña y en el grupo 2 se encontraban los 11 ranchos que no proporcionaban concentrado. Los 25 productores alimentaban con gramíneas de la zona como: pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), insurgente (*Brachiaria brizantha*) y bermuda (*Cynodon dactylon*).

Se recolecto una muestra de leche por cada rancho, para después someterlas a su análisis de extracción de la grasa y perfil de ácidos grasos, que realizo el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) del Instituto Politécnico Nacional, Querétaro.

Las muestras de leche de las vacas, fueron analizadas mediante la cromatografía de gases. Los ácidos grasos son comúnmente analizados mediante la cromatografía de gases, para lo cual primero deben ser separados de la molécula de glicerol y posteriormente de metil esterificados, en la metodología conocida como FAMES (fatty acid methyl esters). Esta esterificación evita que formen puentes de hidrógeno con las fases internas de las columnas cromatografías, y les otorga mayor volatilidad y capacidad de resolución (AOCS, 2005).

10.1. Extracción de la grasa: para la extracción de la grasa, se pesaron 20g de leche, a la cual se le añadieron 100g de hexano grado cromatografico (J.T Baker, Center Valley, PA) y la mezcla se dejó en agitación durante una hora usando un agitador magnético C-MAG HS7 (IKA, Wilmington, NC). Transcurrido el tiempo de la mezcla se centrifugo a 10, 000 rpm

durante 10 min a 4°C. Se recogió la fase orgánica y se colocó en un matraz, donde la muestra se sometió a una corriente de nitrógeno para la evaporación del hexano utilizando un evaporador Mini Vap 22970 (Supelco, Bellefonte, PA) por un periodo de treinta minutos. La grasa obtenida fue transferida a viales de borosilicato desactivado de 20 ml (I-CHEM modelo C126-0020; Thermo Scientific, Alemania), purgados con nitrógeno y posteriormente almacenados a -17 °C hasta el momento de la esterificación.

10.2. Perfil de ácidos grasos: Se realizó de acuerdo a la metodología Ce 1-62 (AOCS, 2005). Se pesaron 500mg de grasa de leche en un matraz de fondo redondo (24/40, KIMBLE CHASE, Vineland, NJ), se adicionaron 8 ml de hidróxido de sodio 0.5 N en metanol (Baker), posteriormente el matraz se conectó a un refrigerante (Allihn- Ground, 24/40; 300mm; LAB GLASS, Vineland, NJ) y se dejó en reflujo por 15min utilizando un nido de calentamiento (Thermo Fisher Scientific, Maryland), después se adicionaron 9ml de BF₃ (20 % en metanol, Merck, Alemania) a través del condensador. Se continuo con ebullición por dos minutos después se agregaron 2ml de hexano y se continuo en ebullición por 1 min. Finalmente se detuvo el calentamiento, se retiró el matraz con la muestra y posteriormente se añadieron 15 ml de una solución saturada de cloro de sodio (Baker), se tapó el matraz y se agitó por 15s. Se continuó añadiendo solución saturada de cloruro de sodio hasta que la muestra alcanzo el cuello del matraz. Se transfirió 1 ml de la muestra a un vial de 20 ml y se hicieron las diluciones pertinentes para después analizar por cromatografía de gases. El análisis se realizó en un cromatografo de grasas 7890A (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA), acoplado a un espectrómetro de masas cuadrupolar modelo 5975C (Agilent Technologies, Inc.). La columna capilar de sílice fundida empleada fue una DB-5 (60m x 0.25 mm de diámetro, 0.25 µm de espesor de fase, (Agilent Twchologie Inc.); con helio como gas acarreador un flujo constante de 1 ml/min. El programa de temperatura del horno fue: 80°C, 5°C/min hasta 230°C (5 min), 30°C/min hasta 280°C (8 min). El espectrómetro de más, fue operado en el modo de impacto de electrones (70 eV). El rango de masa utilizado fue 30 a 400 uma, las temperaturas de línea de transferencia, fuente de ionización y cuádruplo fueron de 280, 230 y 150 °C respectivamente. El puerto de inyección se operó en el modo Split 1: 400, a 250°C. La identificación de los metil ésteres se realizó a partir de su espectro de masas, tomando como identificación positiva un 80% de parecido al localizado en la base de datos NIST/EPA/NIH Mass Spectra Library, versión 1.7, (NIST, Gaithers-burg, MA), y por medio de a comparación de tiempos de retención de estándares químicos (37 Component FAME mix, Supelco, Bellefonte, PA) inyectados bajo las mismas condiciones de cromatografía.

11. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados a través del programa estadístico Minitab versión 17, y se obtuvieron medidas descriptivas como media y desviación estándar lo que permitió estimar el intervalo de confianza a un 95 % de confiabilidad para los promedios de omega 6 y omega 3.

La fórmula utilizada para obtener el intervalo de confianza es:

INTERVALO DE CONFIANZA FORMULA

$$\bar{x} + ta/2(s\sqrt{n}) > \mu > \bar{x} - ta/2(s\sqrt{n})$$

Posteriormente se correlacionaron los valores de las variables omega6, omega3, relación omega3/omega6 y uso de concentrado, mediante el método de Pearsson.

12. Resultados:

Cuadro 1. Producción de leche por vaca al día, cantidad de concentrado ofrecido (kg), porcentaje de ácido linoléico ($\omega 6$), ácido linolénico ($\omega 3$), para el grupo 1.

RANCHOS	CONCENTRADO kg	Ac. LINOLÉICO $\omega 6$ (C18.2 cis) %	Ac. LINOLÉNICO $\omega 3$ (C18.3) %	Rel. $\omega 6/\omega 3$ %
JUVENTINO	7	8.24	1.05	7.81
VISTA HERMOSA	5	3.31	0.78	4.47
EL VERGEL	5	3.47	0.82	4.22
RANCHO ESPAÑA	5	3.47	1.01	3.43
LINDA VISTA	4	3.28	1.07	3.51
LA HERRADURA	3	3.35	1.10	3.05
LOMITA JUAN	3	2.56	0.89	2.88
EL ZAPOTE	2	3.24	0.86	3.76
ARROYITO	2	2.79	0.82	3.40
LA REATA	2	2.92	1.70	1.72
DOÑA REGINA	1	8.02	2.18	3.69
ZAPOTE	1	3.13	0.88	3.58
AURAS	1	2.15	1.20	1.79
SAN PEDRO	0.5	3.10	1.25	2.48
PROMEDIO	3kg	3.79%	1.12%	3.508%
DESVIACIÓN ESTANDAR	1.966kg	1.875%	0.389%	1.405%

En el Cuadro 1 están los resultados de las 14 muestras de los ranchos representados por los porcentajes obtenidos por la cromatografía de ácidos grasos omega 6 y omega 3, también se adiciono la información sobre el concentrado que consumía cada animal por rancho..

En el cuadro se denota que los ranchos que suministraban concentrado de 7kg a 5kg sus porcentajes de $\omega 6$ eran superiores a 3% disminuyendo el $\omega 3$, y elevando la Relación $\omega 6/\omega 3$.

Para el grupo 1 su promedio para ácido linoleico ($\omega 6$) fue de 3.79%, con una desviación estándar de 1.875%, mientras que para el ácido linolénico ($\omega 3$) su promedio fue de 1.12%, con una desviación estándar de 0.389%, el promedio del consumo de concentrado fue de 3 kg/día, y su desviación estándar de 1.96kg/día, por ultimo para la relación $\omega 6/\omega 3$ su promedio general fue de 3.508% con su desviación estándar de 1.405%.

Cuadro 2. Porcentaje de ácido linoléico (ω 6), ácido linolénico (ω 3), relación omega 6/ omega 3 para el grupo 2.

	Ac. LINOLÉICO ω 6 (C18.2 cis)%	Ac. LINOLÉNICO ω 3 (C18.3) %	Rel. ω 6/ ω 3%
GRANSA	3.51	0.95	3.708
CONTADOR	5.52	1.56	3.539
OTATES	2.72	0.88	3.103
DIAMANTE	6.19	1.78	3.479
MANGOS	4.28	1.29	3.31
ARIEL VÁZQUEZ	3.58	1.19	3.017
COBADONGA	3.45	1.35	2.565
PASA ISABEL	5.25	1.85	2.834
TRES REGALOS	1.82	0.65	2.774
EL BAJIAL	2.21	0.79	2.793
EL ZAPOTAL	3.63	1.58	2.298
PROMEDIO	3.83	1.26	3.038
DESVIACIÓN ESTANDAR	1.376	0.407	0.437

En el cuadro 2 se tienen los porcentajes de los ranchos que no ofrecieron concentrado en ningún momento, teniendo como resultado para el ácido linoléico un promedio general de 3.83% con su desviación estándar de 1.376%, para el ácido linolénico su promedio general fue de 1.26% con una desviación estándar de 0.407%, por último la relación de omega 6/ omega 3 para el grupo 2 su promedio general fue de 3.038, con una desviación estándar de 0.437. En este cuadro se nota que para la relación de omega 6/ omega 3 no fue elevada a más de 4%, aunque el omega 6 si estuviera por encima del 3%.

Cuadro 3. Promedios, desviaciones estándar, error de la estimación de la media, límite inferior y límite superior para omega 6, omega 3, concentrado, relación omega 6/ omega 3 para el grupo 1 y grupo 2.

		PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	ERROR DE LA ESTIMACION DE LA MEDIA	LIMITE INF.	LIMITE SUP.
GRUPO 1	OMEGA 6 (ω_6)%	3.79	1.875	1.082	2.707	4.87
	OMEGA 3 (ω_3)%	1.12	0.389	0.224	0.895	1.34
	CONCENTRADO (kg)	2.964	1.966	1.135	1.829	4.09
	RELACIÓN ω_6/ω_3	3.508	1.405	0.811	2.696	4.31
GRUPO 2	OMEGA 6 (ω_6)%	3.83	1.376	0.924	2.9	4.75
	OMEGA 3 (ω_3)%	1.26	0.407	0.273	0.98	1.53
	RELACIÓN ω_6/ω_3	3.038	0.18	0.121	2.91	3.15

En este cuadro 3 se engloban todos los resultados del grupo 1 y grupo 2, aquí se aprecia las diferencias significativas entre ambos grupos, para el grupo 1 el omega 6 sus parámetros de límite inferior y superior estaban entre 2.707% y 4.87% contra el grupo 2 que sus valores fueron 2.90% a 4.75%, notando que para los límites inferiores del grupo dos fue 0.20% superior al grupo 1; para el omega 3 se vio que en grupo 1 tuvo un límite inferior de 0.895% con su límite superior de 1.34%, y para el grupo 2 sus resultados correspondientes para omega 3 en el límite inferior fue de 0.98% y límite superior de 1.53%, en el grupo 1 se obtuvo el resultado de concentrado ofrecido en las dietas permisible para no elevar la relación omega 6/ omega 3 que fue de un límite superior de 1.829kg con límite superior de 4.9%.

Cuadro 4. Correlación de omega 6/ omega 3 para el grupo 1.

	<i>Omega 6</i>	<i>Omega 3</i>	<i>Concentrado</i>	<i>Rel. ω_6/ω_3</i>
<i>Omega 6</i>	1			
<i>Omega 3</i>	0.5*	1		
<i>Concentrado</i>	0.319	-0.399	1	
<i>Rel. ω_6/ω_3</i>	0.717*	-0.237	0.715*	1

Nota: * Denota significancia estadística ($p < 0.05$)

En el Cuadro 4 se muestra la correlación obtenida entre ω_6 con ω_3 , suministro de concentrado y la relación ω_6/ω_3 , como puede verse la concentración de ω_6 influye significativamente en la concentración de ω_3 , siendo esta una correlación positiva ($p < 0.05$) sin embargo la relación ω_6 con el suministro de concentrado no denota significancia estadística ($p > 0.05$) este resultado sugiere que el suministro de concentrado no afecta la concentración de omega 6 ni de omega 3. Esto mismo se observa entre omega 3 y el suministro de concentrado.

Sin embargo se puede notar que la relación ω_6/ω_3 resulta estadísticamente significativo ($p < 0.05$), cuyo valor de correlación fue el más alto 0.717, este efecto posiblemente se deba al efecto de ω_6 en las dos variables.

Finalmente se puede observar que la relación ω_6/ω_3 sí se ve afectado significativamente ($p < 0.05$) con el suministro de concentrado en la dieta, cuyo valor de correlación es de 0.715 siendo en este un efecto probable de omega 3 ($p < 0.05$).

Cuadro 5. Correlación de omega 6/ omega 3 para el grupo 2.

	<i>Omega 6</i>	<i>Omega 3</i>	<i>Rel.</i> <i>ω_6/ω_3</i>
Omega 6	1		
Omega 3	0.895*	1	
Rel. ω_6/ω_3	0.447	0.018	1

Nota: * Denota significancia estadística ($p < 0.05$)

En el cuadro 5 se muestra el resultado de la correlación obtenida entre el ω_6 con ω_3 y la relación de ω_6/ω_3 , como puede verse la concentración de ω_6 sobre ω_3 influye significativamente en la concentración de ω_3 , siendo esta una correlación positiva ($p < 0.05$), cuyo valor fue el más alto 0.895%.

Sin embargo la relación ω_6/ω_3 con ω_6 y ω_3 no denota significancia estadística ($p > 0.05$), este resultado sugiere que aunque no se suministre concentrado no se afecta la concentración de la relación ω_6/ω_3 .

13. Discusión

Los resultados obtenidos para el ácido linoleico ($\omega 6$) del grupo 1 de los ranchos corresponden a un promedio de 3.79% con un error de la media de 1.082%, para el límite inferior de 2.707%, un límite superior de 4.872%, ya que para los resultados del grupo 2 de los ranchos que no ofrecían concentrado en la dieta el $\omega 6$ corresponden a un promedio de 3.83% con un error de la estimación de la media de 0.924%, y un límite inferior de 2.905%, un límite superior de 4.754%; para Chillard y Ferlay., 2004 mencionan que las concentraciones de $\omega 6$ en la leche de vacas de pastoreo es amplio (0.5% a 1.7%); Khanal y Olson., 2004, señalan un promedio de 0.2% a 3.7% del omega 6 en la leche de pastoreo, sin embargo los resultados conseguidos para grupo 2 concuerdan con los autores.

Según Khanal y Olson., 2004, aseguran que el omega 6 obtenido de la leche de pastoreo en vacas puede salir aumentado por los cambios estacionales, la disponibilidad del pasto, la asignación de pastura, composición botánica de los recursos naturales y pastos cultivados, la concentración de los lípidos y el ácido linoléico, cabe mencionar que para Chillard y Ferlay., 2004; Schroeder et al., 2004, señalan que el tipo de suplemento ofrecido puede modificar los valores de omega 6; Rico et al., 2007, indica que aunque los valores dietarios son los principales determinantes en las concentraciones de omega 6 en la leche de pastoreo. Mientras que para Ortiz et al., 2013 señala que sus resultados para $\omega 6$, están en un parámetro de 2.37% +/- 0.37% en animales que recibieron concentrado vs 5.1% +/- 0.44% para los animales que fueron alimentados con forraje verde.

De los ranchos pertenecientes al grupo 1 su promedio de omega 3 correspondió a 1.20% teniendo un error de la estimación de la media de 0.224%, con un límite inferior de 0.895, con un límite superior de 1.344%, mientras que para los ranchos del grupo 2 su promedio fue de 1.260% obteniendo un error de la estimación de la media de 0.273%, con un límite inferior de 0.986 y un límite superior de 1.533%; comparando los datos obtenidos con los resultados de Ortiz et al., 2013, fueron de 3.16 +/- 0.41% para animales que recibieron una dieta de concentrado extra y 2.04% +/- para las vacas en pastoreo donde su dieta fue únicamente forraje verde.

Para la relación de omega 6/ omega 3 en el grupo 1 se obtuvo un promedio de 3.508%, con un error de la estimación de la media de 0.811% y un límite inferior de 2.696% y un límite superior de 4.319%, y para el grupo 2 el promedio fue de 3.308%, con error de la media de 0.121%, un límite inferior de 2.916% y un límite superior de 3.159%, en comparación con Prieto et al., 2016, sus resultados para la relación de omega 6/omega 3 fue baja de 2.68% - 2.88% ocasionada por el alto consumo de omega 3 proveniente del forraje verde de las fincas de los sistemas de producción tropical y doble propósito, que recibían suplementación rica en omega 6, para el sistema intensivo la relación estuvo en torno a 5.

Para la correlación obtenida entre ω_6 con ω_3 , suministro de concentrado y la relación ω_6/ω_3 , fue positiva ($p < 0.05$) sin embargo la relación ω_6 con el suministro de concentrado no denota significancia estadística ($p > 0.05$) este resultado sugiere que el suministro de concentrado no afecta la concentración de omega 6 ni de omega 3. Esto mismo se observa entre omega 3 y el suministro de concentrado.

Sin embargo se puede notar que la relación ω_6/ω_3 resulta estadísticamente significativo ($p < 0.05$), cuyo valor de correlación fue el más alto 0.717, este efecto posiblemente se deba al efecto de ω_6 en las dos variables.

Finalmente se puede observar que la relación ω_6/ω_3 sí se ve afectado significativamente ($p < 0.05$) con el suministro de concentrado en la dieta, cuyo valor de correlación es de 0.715 siendo en este un efecto probable de omega 3 ($p < 0.05$).

14. Conclusiones.

Los resultados obtenidos para los grupos estudiados fueron moderadamente diferentes es a los objetivos esperados en donde indicaba que la dieta modificaría la cantidad de ácidos grasos de omega 6 y omega 3, esperando que el omega seis tuvieran un valor más notorio para los que suministraban concentrado que los que no ofrecieron concentrado, sin embargo estos resultados sugieren que los animales consumían pasto con un valor significativo de omega 6 y/o suplementaban con aceites con ácidos grasos poliinsaturados que protegían al omega seis del proceso de lipólisis y biohidrogenación.

15. Bibliografía:

1. Abughazaleh, A.A.; Jacobson, B.N. 2007. The effect of pH and polyunsaturated C18 fatty acid source on the production of vaccenic acid and conjugated linoleic acid in ruminal cultures incubated with docosahexaenoic acid. *Anim. Feed Sci. Technol.* 136:11-22.
2. Abughazaleh, A. A.; Jenkins, T.C. 2004. Disappearance of Docosahexaenoic and Eicosapentaenoic acids from cultures of mixed ruminal microorganisms. *J. Dairy Sci.* 87:645-651.
3. AOAC 1997, Association of Official Agricultural Chemists, Maryland, Estados Unidos.
4. Bauchart, D.; Legay-Carmier, F.; Doreau, M., Gaillard, B. 1990. Lipid metabolism of liquid-associated and solid-adherent bacteria in rumen contents of dairy cows offered lipid supplemented diet. *Br. J. Nutr.* 63:563-578.
5. Bauman, D.E.; Baumgard, L.H.; Corl, B.A.; Griinari, J.M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *J. Anim Sci.* 77:1-15.
6. Bichi, E., P.G. Toral, G. Hervás, P. Frutos, P. Gómez-Cortés, M. Juárez, And M.A. De La Fuente. 2012. Inhibition of $\Delta 9$ -desaturase activity with sterculic acid: effect on the endogenous synthesis of cis-9 18:1 and cis-9, trans-11 18:2 in dairy sheep. *J. Dairy Sci.* 95:5242-5252.
7. Buccioni, A.; Antongiovanni, M.; Petacchi, F.; Mele, M.; Serra, A.; Secchiari, P.; Benvenuti, D. 2006. Effect of dietary fat quality on C18:1 fatty acids and conjugated linoleic acid production: An in vitro rumen fermentation study. *Anim. Feed Sci. Technol.* 127:268-282.
8. Cabiddu, A.; Salis, L.; Tweed, J.K.S.; Molle, G; Decandia, M.; Lee, M.R.F. 2010. The influence of plant polyphenols on lipolysis and biohydrogenation in dried forages at different phenological stages: in vitro study. *J. Sci. Food Agric.* 90:829-835.
9. CANILEC, 2017, Estadísticas de Producción e importancia de la leche en México, Cámara de la Industria de Leche, México.
10. Chilliard, Y., And A. Ferlay. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reprod. Nutr. Dev.* 44:467-92.
11. Chilliard, Y., F. Glasser, A. Ferlay, L. Bernard, J. Rouel, And M. Doreau. 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109:828-855.
12. Choi, N.; Park, H.G.; Kim, J.H.; Hwang, H.; Kwon, K.H.; Yoon, J.A.; Kwon, E.G.; Chang, J.; Hwang, I.H.; Kim, Y.J. 2009. Characterization of environmental factors in Conjugated Linoleic Acid Production by mixed rumen bacteria. *J. Agric. Food Chem.* 57:9263-9267.
13. Chow, T.T.; Fievez, V.; Moloney, A.P.; Raes, K.; Demeyer, D.; Smet, S. 2004. Effect of fish oil in vitro rumen lipolysis, apparent biohydrogenation of linoleic and linolenic acid and accumulation of biohydrogenation intermediated. *Anim. Feed Sci. Technol.* 117:1-12.
14. Dawson, R.M.C.; Kemp, P. 1969. The effect of defaunation on the phospholipids and on the hydrogenation of unsaturated fatty acids in the rumen. *Biochem. J.* 115:351-352.

15. Dawson, R.M.C.; Hemington, N. 1974. Digestion of grass lipids and pigments in the sheep rumen. *Br. J. Nutr.* 32:327-340.
16. Dawson, R.M.C.; Hemington, N.; Grime, D.; Lander, D.; Kemp, P. 1974. Lipolysis and hydrogenation of galactolipids and the accumulation of phytanic acid in the rumen. *Biochem. J.* 144:169-171.
17. Dewhurst, R.J., K.J. Shingfield, M.R.F. Lee, And N.D. Scollan. 2006. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131:168-206.
18. Dhiman, T.R.; Satter, L.D.; Pariza, M.W.; Galli, M.P.; Albright, K.; Tolosa, M.X. 2000. Conjugated linoleic acid (ALC) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. *J. Dairy Sci.* 83:1016-1027.
19. Doreau, M.; Rearte, D.; Portelli, J.; Peyraud, J.L. 2007. Fatty acid ruminal metabolism and digestibility in cows fed perennial ryegrass. *Eur. J. Lip. Sci. Technol.* 109:790-798.
20. FAO/WHO Expert Consultation Annals of Nutrition & Metabolism. Fats Fatty Acids Human Nutrition. 2009; 55(1-3).
21. Ferlay, A., M. Doreau, C. Martin, and Y. Chilliard. 2013. Effects of incremental amounts of extruded linseed on the milk fatty acid composition of dairy cows receiving hay or corn silage. *J. Dairy Sci.* 96:6577-6595.
22. Ferlay, A., B. Martin, S. Lerch, M. Gobert, P. Pradel, and Y. Chilliard. 2010. Effects of supplementation of maize silage diets with extruded linseed, vitamin E and plant extracts rich in polyphenols, and morning v. evening milking on milk fatty acid profiles in holstein and montbéliarde cows. *Anim.* 4:627-640.
23. Ferlay, A., B. Martin, P. Pradel, J.B. Coulon, and Y. Chilliard. 2006. Influence of grass-based diets on milk fatty acid composition and milk lipolytic system in tarentaise and montbeliarde cow breeds. *J. Dairy Sci.* 89:4026-4041.
24. Galina M. 2014 El modelo de Latte Nobile sea via alternativa para la producción de leche de calidad en México. ISBN 978-88-901965-7-7. 71-86.
25. Galina M. Pineda, Guerrero, M. Ortiz M.A. 2014b Perfil de ácidos grasos de queso de oveja en pastoreo, Memorias de XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría, Villahermosa, Tabasco 481-484.
26. Griinari, J.M.; Bauman, D.E. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: Yurawecs, M.P.; Mos.
27. Kelsey, J.A., B.A. Corl, R.J. Collier, and D.E. Bauman. 2003. The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:2588-2597.
28. Lawless, F., C. Stanton, P. L'Escop, R. Devery, P. Dillon, and J.J. Murphy. 1999. Influence of breed on bovine milk cis-9, trans-11-conjugated linoleic acid content. *Livest. Prod. Sci.* 62:43-49.
29. Mele, M., A. Buccioni, F. Petacchi, A. Serra, S. Banni, M. Antongiovanni, and P. Secchiari. 2006. Effect of forage/ concentrate ratio and soybean oil supplementation on milk yield, and composition from Sarda ewes. *Anim. Res.* 55(4):273-285.

30. Rico, J.E., B. Moreno, M.L. Pabón, y J. Carulla. 2007. Composición de la grasa láctea en la sabana de Bogotá con énfasis en ácido ruménico - CLA cis -9 , trans -11. *Rev. Col. Cienc. Pecu.* 20:30-39.
31. SAGARPA, Estadísticas de Producción Láctea en México, 2017.
32. Schrezenmeir, J., y A. Jagla. 2000. Milk and diabetes. *J. Am. Coll. Nutr.* 19:176-190.
33. Schroeder, G.F., G.A. Gagliostro, F. Bargo, J.E. Delahoy, and L.D. Muller. 2004. Effects of fat supplementation on milk production and composition by dairy cows on pasture: a review. *Livest. Prod. Sci.* 86:1-18.
34. Shingfield, K.J., M. Bonnet, and N.D. Scollan. 2013. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Anim.* 7:132-162.
35. Shingfield, K.J., Y. Chilliard, V. Toivonen, P. Kairenius, and D.I. Givens. 2008. Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. *Adv. Exp. Med. Biol.* 606:3-65.
36. Shingfield, K.J., C.K. Reynolds, G. Hervás, J.M. Griinari, A.S. Grandison, and D.E. Beever. 2006. Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:714-732.
37. Weiss, M.F., F.A. Martz, and C.L. Lorenzen. 2004a. Conjugated linoleic acid: historical context and implications. *Prof. Anim. Sci.* 20:118-126.
38. Weiss, M.F., F.A. Martz, and C.L. Lorenzen. 2004b. Conjugated linoleic acid: implicated mechanisms related to cancer, atherosclerosis, and obesity. *Prof. Anim. Sci.* 20:127-135.
39. White, S.L., J.A. Bertrand, M.R. Wade, S.P. Washburn, J.T. Green, and T.C. Jenkins. 2001. Comparison of fatty acid content of milk from jersey and holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 84:2295-2301.