



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

Caracterización y análisis comparativo de la producción de leche, composición química y perfil de ácidos grasos en ovejas bajo un sistema de producción estabulado.

**TESIS  
PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

**PRESENTA:**

HÉCTOR ALEJANDRO DE LA CRUZ CRUZ

**TUTOR:**

M en C. Jorge Alfredo Cuéllar Ordaz  
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

**COMITÉ TUTOR:**

Dra. Claudia Delgadillo Puga  
Instituto Nacional De Ciencias Médicas Y Nutrición Salvador Zubirán

Dr. Andrés Ernesto Ducoing Watty  
Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia UNAM

**Cuautitlán Izcalli Estado de Mexico**

**octubre de 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 la FES Cuautitlán por ser mi segundo hogar durante todo estos años, por brindarme las mejores herramientas para ser un mejor profesional.

Al Mtro. Jorge Alfredo Cuéllar Ordaz, por la paciencia, las enseñanzas y ser un gran maestro en el más estricto sentido de la palabra, gracias por todo.

A la Dra. Claudia Delgadillo Puga, por su guía en este trabajo y por abrirme las puertas de su laboratorio en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán para el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Andrés Ducoing Watti, por sus comentarios acertados en beneficio del proyecto.

Al QA. Luis Enrique León Ortiz por el apoyo y guía en el laboratorio, no hay duda de que tienes un gran futuro.

Al Lic. Sergio Peralta Sandoval por la amistad y por permitirme hacer este trabajo en su unidad de producción *El Marfil*, mi respeto y admiración por no desistir en ese sueño.

## **Dedicatorias**

A mi madre Guadalupe Cruz por no dejar de creer jamás en mí a pesar de mis tropiezos, pero sobre todo por tu amor que no tiene fin.

A Rosy por ser el motor y motivación para crecer juntos, haber coincido ha sido la mejor experiencia de mi vida, te amo ...

A mis abuelos Ernestina y Félix por siempre estar conmigo.

**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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de video 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.

## Contenido

Índice de figuras .....	6
Resumen .....	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Situación mundial de la producción de leche de oveja. ....	11
Situación de la producción láctea ovina en México .....	12
Características de las razas ovinas lecheras .....	13
Ovejas east friesland (milchscaf) .....	13
Ovejas lacaune .....	14
Ovejas awassi.....	15
Características de la leche .....	16
Grasa.....	18
Ácidos grasos .....	19
Compuestos nitrogenados .....	24
Nitrógeno no proteico .....	26
Lactosa.....	26
Minerales .....	26
Factores que influyen en la composición y la calidad de la leche.....	27
Justificación.....	29
Objetivo general .....	30
Objetivos particulares .....	30
Hipótesis .....	31
Experimento 1:.....	32
Materiales y métodos.....	32
Ubicación.....	32
Población de estudio .....	32
Diseño experimental .....	33
Resultados y discusión.....	34
Producción de leche .....	34
Grasa.....	35
Proteína .....	36

Sólidos .....	37
Sólidos no grasos.....	38
Lactosa.....	39
Peso .....	40
Experimento 2:.....	43
Materiales y métodos.....	43
Perfil de ácidos grasos.....	43
Análisis del perfil de ácidos grasos .....	43
Extracción de grasa .....	44
Saponificación y derivatización de la grasa.....	44
Determinación de ácidos grasos por cromatografía.....	45
Análisis estadístico.....	46
Resultados y discusión.....	47
Perfil de ácidos grasos .....	47
Ácidos grasos saturados.....	47
Ácidos grasos monoinsaturados (MUFAS).....	49
Ácidos grasos poliinsaturados (PUFAS) .....	51
Discusión general.....	56
Conclusiones.....	57
Bibliografía .....	58

## Índice de figuras

Figura 1: Grasa de la leche de borregas east friesland y awassi x lacaune. ME + ESM. 35

Figura 2: Proteína de la leche de borregas east friesland y awassi x lacaune ME + ESM 36

Figura 3: Sólidos de la leche de borregas east friesland y awassi x lacaune. ME + ESM 37

Figura 4: Sólidos no grasos de la leche de borregas east friesland y awassi x lacaune. ME + ESM 38

Figura 5: Lactosa de la leche de borregas east friesland y awassi x lacaune. ME + ESM 39

Figura 6: Densidad de la leche de borregas east friesland y awassi x lacaune. ME + ESM ¡Error! Marcador no definido.

Figura 7: Producción (mL) de la leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME + ESM 34

Figura 8: Peso de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME + ESM 40

Figura 9: Ácidos grasos saturados SFA en leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME + ESM 47

Figura 10: Contenido medio de SFA en leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME + ESM 48

Figura 11: Ácidos grasos monoinsaturados MUFAS en leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME + ESM 49

Figura 12: Contenido medio de MUFAS en leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME + ESM 50

Ilustración 13: Ácidos grasos poliinsaturados PUFAS en leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME + ESM 51

Figura 14: Contenido medio de PUFAS en leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME + ESM 52

Figura 15:  $\Sigma$  de ácidos grasos de leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME + ESM 53

## Resumen

En México los primeros estudios en producción de leche de oveja se realizaron con razas no especializadas para este fin; cabe destacar que la leche de oveja presenta un alto contenido de sólidos totales vinculados principalmente a la grasa, proteína y lactosa. La grasa es uno de los constituyentes bioactivos más importantes de la leche, debido a su valor nutricional; numerosos estudios dan a conocer la cantidad de ácidos grasos benéficos, así como los ácidos grasos trans, considerados perjudiciales para la salud humana. Se realizó la caracterización de la producción de leche de oveja, en cuanto a su grasa, perfil de ácidos grasos, proteína, lactosa y sólidos no grasos. Se evaluaron 12 ovejas de la raza east friesland (EF) y 12 de la craza awassi-lacaune (AL) estabuladas, bajo las mismas condiciones de manejo durante el estudio. Se realizaron siete muestreos en un periodo de tres meses y medio; *in situ* se obtuvieron las siguientes mediciones: producción en mL, composición fisicoquímica por espectrofotometría de infrarrojo. Posteriormente, se realizó el perfil de ácidos grasos por grupo, con base en los métodos 923.07 AOAC (2000) modificado y 969.33 AOAC (2000) para su posterior análisis por cromatografía de gases. Los datos se analizaron por medio del programa Statgraphics Centurion XV® utilizando un modelo completamente al azar. Los resultados del primer experimento muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p>0.05$ ) en los promedios de ambos grupos, respecto a producción de leche grupo AL 827 mL, mientras que para EF fue de 760 mL; el porcentaje de grasa de EF y AL fue de 6.91 y 7.2 respectivamente; el porcentaje de proteína fue de 3.70 para EF y 3.74 para AL; el de lactosa fue 5.34 para EF y 5.44 para AL. Respecto al perfil de ácidos grasos (AG) presentes se observó que existen diferencias entre los grupos ( $p<0.05$ ); los porcentajes de AG monoinsaturados (MUFAS) fueron de 31.50 EF y 34.94 AL, los polinsaturados (PUFAS) 7.73 EF, 6.14 para AL; y no así en los porcentajes de AG saturados en donde ( $p>0.05$ ), con 60.77 y 58.92 para EF y AL respectivamente. El AG con mayor presencia fue el palmítico C16:0 con 34.19 para EF 32.37 por ciento. En el caso de los MUFAS el ácido oleico C18:1 EF mostró un 29.02 y AL 38.82 por ciento, por último, en los porcentajes de PUFAS destaca el ácido linoleico C18:2 con valores de 3.64 para EF y 3.07 AL, además el  $\alpha$ -linolénico estuvo presente en un 0.76 EF y 0.54 para AL. Se concluye que no existen diferencias entre los grupos estudiados en lo que respecta a la producción y los componentes presentes en la leche, sin embargo, el perfil de AG respecto al porcentaje de MUFAS y PUFAS encontrados en la grasa bajo este sistema de producción en ambos grupos, hace pensar que esta leche es un producto de buena calidad para su consumo y transformación. Se vuelve necesario continuar con los análisis para seguir mejorando estas características presentes en la leche de oveja.

## Abstract

In Mexico, the first studies on sheep milk production were carried out with non-specialized breeds for this purpose; It should be noted that sheep's milk has a high total solids content linked mainly to fat, protein and lactose. Fat is one of the most important bioactive constituents of milk, due to its nutritional value; Numerous studies show the amount of beneficial fatty acids, as well as trans fatty acids, considered harmful to human health. The characterization of sheep's milk production was performed, in terms of fat, fatty acid profile, protein, lactose and non-fatty solids. 12 sheep of the East Friesian (EF) breed and 12 of the Awassi-Lacaune (AL) crossbreed were evaluated under the same handling conditions during the study. Seven samples were taken over a period of three and a half months; In situ the following measurements were obtained: production in mL, physicochemical composition by infrared spectrophotometry. Subsequently, the fatty acid profile was performed by group, based on the modified 923.07 AOAC (2000) and 969.33 AOAC (2000) methods for subsequent analysis by gas chromatography. Data were analyzed using the Statgraphics Centurion XV® program using a completely random model. The results of the first experiment show that there are no statistically significant differences ( $p > 0.05$ ) in the averages of both groups, with respect to milk production group AL 827 mL, while for EF it was 760 mL; the fat percentage of EF and AL was 6.91 and 7.2 respectively; the protein percentage was 3.70 for EF and 3.74 for AL; that of lactose was 5.34 for EF and 5.44 for AL. Regarding the fatty acid profile (AG) present, it was observed that there are differences between the groups ( $p < 0.05$ ); the percentages of monounsaturated AG (MUFAS) were 31.50 EF and 34.94 AL, the polyunsaturated (PUFAS) 7.73 EF, 6.14 for AL; and not so in the percentages of saturated AG where ( $p > 0.05$ ), with 60.77 and 58.92 for EF and AL respectively. The AG with the highest presence was palmitic C16: 0 with 34.19 for EF 32.37 percent. In the case of MUFAS, C18: 1 EF oleic acid showed 29.02 and AL 38.82 percent, finally, in the percentages of PUFAS, C18: 2 linoleic acid stands out with values of 3.64 for EF and 3.07 AL, in addition to  $\alpha$ -Linolenic was present at 0.76 EF and 0.54 for AL. It is concluded that there are no differences between the groups studied in regards to the production and the components present in the milk, however, the profile of AG regarding the percentage of MUFAS and PUFAS found in the fat under this production system in both groups, suggests that this milk is a good quality product for consumption and transformation. It becomes necessary to continue with the analyzes to continue improving these characteristics present in sheep's milk.

## Introducción

A nivel mundial la participación de la leche de oveja a diferencia de otras especies aporta sólo el uno por ciento del producto fluido de las leches frescas comerciales, muy por debajo de la de vaca y la de búfala (FAO 2017). Sin embargo, su producción es de gran importancia económica, ya que presenta un modelo productivo y agroindustrial avanzado que, a su vez constituye una importante alternativa de negocio agropecuario en áreas rurales desfavorecidas (García y col., 2012).

Cabe destacar que la composición de la leche de oveja presenta un alto contenido en sólidos totales, lo que le confiere frente a la de vaca o cabra, una mejor calidad desde el punto de vista tecnológico, para su transformación en queso o yogur (Escolar, 2016).

El rendimiento, firmeza y calidad de los productos resultan más altos, y en muchas ocasiones no es necesario el uso de ningún tipo de aditivo. Sin embargo, la lactancia de la oveja resulta más corta, llegando a producir menor cantidad de leche, lo que la demerita desde un punto de vista económico, con respecto a la leche de cabra (Lombardi, 2005; Haenlein, 1996).

La leche de oveja puede ser evaluada con diversos criterios tales como el: dietético, nutricional, sanitario y tecnológico (Boyazoglu y Morand-Fehr, 2001). Estos parámetros están principalmente vinculados a sus componentes principales (grasa, proteína, lactosa) y a sus características fisicoquímicas, así como microcomponentes presentes con regularidad, tales como minerales, vitaminas, colesterol, terpenos, etc. (Lands, 2016; Park y col., 2007).

Otras ventajas de la leche de oveja es que es altamente nutritiva, más rica en vitaminas A, B, E, en Ca, P, K y Mg que la leche de vaca, asimismo sus glóbulos de grasa son más pequeños que los de la leche de vaca, lo que hace que la leche de oveja sea más fácil de digerir (Zervas y Tsiplakou, 2011).

La grasa es uno de los constituyentes bioactivos más importantes de la leche de oveja, debido al valor altamente nutricional y al efecto fisicoquímico, sensorial y a la

influencia que tiene en la transformación a productos lácteos (Park y col., 2007). El grupo principal de lípidos son los triglicéridos, siendo el 97-98 % de su totalidad.

En el caso de los ácidos grasos, muchos de estos se encuentran solo en pequeñas cantidades y solo 15 o 16 ácidos grasos están presentes en concentraciones iguales o mayores al 1%. los ácidos grasos saturados, representan el 62-70% de los ácidos grasos totales. El principal ácido graso insaturado es el oleico aproximadamente el 20% del total (Taylor y MacGibbon, 2011).

Los factores que influyen en la calidad, composición y la producción de la leche de oveja son varios, mismos que pueden ser divididos en intrínsecos; los cuales dependen del animal (raza, estado de lactación, edad, número de lactaciones, tipo de parto y morfología de la ubre). Los factores extrínsecos son aquellos que pueden ser modificados con prácticas de manejo que lleva a cabo el hombre y son: manejo madre-cría, edad de destete, tipo y frecuencia del ordeño, así como, la alimentación (Bencini, 2011; Bernard y col., 2008; Bencini y Paulina, 1997).

### Situación mundial de la producción de leche de oveja.

De acuerdo con información de FAOSTAT (2017) la producción de leche de oveja a nivel mundial, en el periodo que abarca del año 2010 a 2014 mostró que el 45.9% de la producción se concentraba en Asia, el 30.1% en Europa, África con el 23.5% y América el 0.4%; lo cual indica que esta actividad es incipiente en nuestro continente, seguramente relacionado con la poca cultura hacia el consumo de este tipo de leche o sus subproductos. La producción láctea en los países de Norteamérica no es significativa, estimando que México, E.U.A. y Canadá cuentan con aproximadamente 200 explotaciones dedicadas exclusivamente a la producción de leche con menos de 10,000 ovejas, esto representa el 0.2 % de la producción mundial (Berger y col., 2010).

A nivel mundial la leche ovina es el 1,3% de la producción total de leche, la vacuna representa el 83 %, la de búfala un 13 %, la de cabra el 2,5 % y la de camella el 0.2 %; la base productiva comprende 217 millones de ovinos lecheros (FAO, 2013).

Existen más de 30 razas de ovejas que se ordeñan, siendo algunas de las más conocidas: la manchega, churra, latxa, lacaune, sarda, comisana, manech, assaff, awassi y milchscaf, entre otras (Larrosa, 1990).

La gran parte de la leche de oveja se produce en la región mediterránea, la mayoría de las razas lecheras se encuentran en esta región y en el Oriente próximo. La selección genética de las ovejas lecheras no ha dado lugar a mejoras significativas en el rendimiento lechero y duración de la lactancia (FAO, 2017).

Cabe señalar que más de la mitad de la población ovina del mundo se encuentra en los países en desarrollo, donde la mayoría son pequeños productores que crían ovejas por su carne o para la venta como ganado en los mercados locales (FAO, 2017), por lo que la producción de leche queda marginada. Sin embargo, cada día incrementa la demanda de productos lácteos de ovinos, por lo que se hace necesario estudiar con mayor detalle este tema, en los países en desarrollo.

## Situación de la producción láctea ovina en México

En México a pesar de que la producción ovina ocupa, por su impacto económico, uno de los últimos lugares en la industria pecuaria nacional (Cuéllar y col., 2012), es reconocida como una actividad importante dentro del subsector ganadero por el alto valor que representa. Al ser esta práctica un componente benéfico para la economía del campesino de escasos recursos y por la gran demanda de sus productos, (especialmente entre la población urbana de las grandes ciudades), sin embargo, hoy en día la producción ovina, en especial en lo referente a la oferta, sigue dependiendo en gran medida (33%) de la importación, tanto de animales en pie como en canal, principalmente de Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda y Chile (Cuéllar y col., 2012).

En México los primeros estudios en producción de leche de oveja se realizaron con razas no especializadas para este fin, ejemplos de esto son los trabajos realizados por Gutiérrez y col. (2003) en el que realizaron estudios con razas suffolk y dorset evaluando sus niveles de producción láctea con promedios de 606 mL y 663 respectivamente.

Peralta y col. (2007), estudiaron a la oveja criolla chiapas, que por contener vestigios de razas como la churra, latxa y manchega provenientes de España, fueron sometidas a un programa de selección para obtener un tipo de animal con cierto potencial lechero, esto permitió que los campesinos se vieran beneficiados por la venta de productos provenientes del uso de la lana (Méndez 2007, Peralta y col., 2005; Perezgrova y col., 2000) y se tuviera acceso a una fuente de leche de buena calidad (Peralta, 2007).

A pesar de esta situación en México, pequeñas producciones principalmente del estado de Querétaro, así como, Guanajuato y Estado de México a finales de la década pasada comenzaron con la producción de leche de oveja. Si bien no existen datos concretos en cuanto a inventarios, producción y transformación de la leche ovina se estima que existen unos 6,000 animales con potencial para ser ordeñados (Pérez Rocha, 2010).

Por otro lado, los estudios sobre la producción en ganado con cruza de la raza east friesland, como línea paterna, en cruzamiento con las razas suffolk, pelibuey o blackbelly, bajo un sistema de pastoreo, señalan que el promedio de producción es de 89.8 kg por lactación (Coello y col., 2010; Ángeles y col., 2013).

Desiderio y col. (2016), analizó la producción láctea y su característica fisicoquímica de tres razas (dorset, hampshire y katahdin) que son base para la producción ovina en México y que actualmente se usan para los cruzamientos con razas de potencial lechero. Lo cual evidencia que el uso de razas lecheras en México aún no es del todo conocido, si se compara con países que tienen más tradición en la cría de razas especializadas y producción de este tipo de leche (Hunter y col., 2015).

### Características de las razas ovinas lecheras

El desarrollo de las razas ovinas especializadas en producción de leche se produjo en aquellas zonas que hoy presentan los mayores índices productivos, siendo la Europa Mediterránea la que concentra una mayor cantidad de estas razas lecheras (Gabiña, 1998).

Las ovejas especializadas en la producción de leche se han formado principalmente en Europa e Israel, particularmente en zonas que hoy presentan los mayores índices productivos. Estas ovejas poseen una ubre más desarrollada siendo su producción por lactancia muy superior a las otras razas, que fueron seleccionadas por muchos años. Actualmente se producen más de trece millones de toneladas de leche proveniente de ovejas especializadas en el mundo, las cuales son ordeñadas dos veces por día por periodos comprendidos entre los tres y seis meses, las razas lecheras por lo general tienen una lactación más prolongada.

### Ovejas east friesland (milchschat)

Procedentes del norte de Alemania, es considerada como la principal productora de leche, son animales que fácilmente pueden desarrollarse en climas templados a fríos. Entre sus características principales, presentan cola delgada (mejor conocidas como cola de rata), los adultos alcanzan de 50 a 70 kg de peso vivo en hembras mientras que carneros de 75 a 95 kg.

La raza milchschaft se ha caracterizado por ser una de las razas más productoras de leche en el mundo (Berger y Thomas, 1997), alcanzando rangos promedios de producción que fluctúan entre los 550 a 700 kg de leche por temporada, encontrándose ejemplares que sobrepasan los 1200 kg anuales (Olbrich, 1995). El largo de la lactancia oscila entre los 180 y 210 días, pudiendo extenderse fácilmente hasta los 260 días de lactancia (Flamant y Morand-Fehr, 1982), sin embargo, se ha descrito que en áreas secas la producción de leche es menor y el período de lactancia es más corto, situación que ocurre en Grecia, en el que esta raza produce entre 178 y 183 kg de leche en un período que va entre los 140 a 170 días de lactancia (Farid y Fahmy, 1996).



Foto tomada de [anataki.wordpress.com](http://anataki.wordpress.com).

### Ovejas lacaune

Originaria de Francia a partir de la fusión de diferentes razas locales, es la responsable de producir la leche que se utiliza para la elaboración del queso roquefort. Esta raza sometida a un riguroso esquema de selección genética desde hace más de 30 años se ha convertido en una de las razas ovinas lecheras de mayor rendimiento del mundo, con un promedio de producción de leche diaria de 1.59 litros y una producción acumulada de 283 en lactaciones medias de 160 días (Barillet y col., 2001) Sin embargo, debemos tener en cuenta que esta producción no incluye

el periodo de amamantamiento del cordero, por lo que la lactación completa podría estimarse entorno a los 350 l (Barillet y col., 2001).

En México, se tiene registro de una importación de semen por la asociación de productores de ovinos lecheros (APOL) en 2010, y para 2017 con la adquisición de embriones provenientes de Francia.



Foto tomada de Fundación Caja Rural Burgos.

### Ovejas awassi

La oveja Awassi de cola gruesa es una de las razas más importantes de las zonas semiáridas de los países del Cercano Oriente (Epstein, 1985; Zarkawi y col.,1999). La oveja Awassi mejorada es reconocida como una de las razas ovejeras con mayor reproducción lechera 400-600 kg. En 210 días (Galal y col., 2008). Adaptada a condiciones de aridez y alta temperatura, sin embargo, presenta una baja prolificidad un excesivo engrosamiento de las canales y una deficiente adaptación al ordeño mecánico.

Al igual que la entrada de la raza awassi en México, la APOL ha introducido material genético a través de semen y embriones provenientes de Nueva Zelanda desde 2010.



Foto APOL México.

#### Características de la leche

En Ginebra durante el I Congreso Internacional para la Represión de los Fraudes en los Alimentos en 1908, se definió a la leche como *el producto íntegro del ordeño completo e ininterrumpido de una hembra lechera sana, bien alimentada y no fatigada, que debe ser acopiada de forma higiénica y que no debe contener calostro* (Veisseyre, 1988).

La Norma Oficial Mexicana 155 señala la definición de leche, *como el producto obtenido de la secreción de las glándulas mamarias de las vacas, sin calostro el cual debe ser sometido a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto; además puede someterse a otras operaciones tales como clarificación, homogeneización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen al producto y cumpla con las especificaciones de su denominación.* Sin embargo, aunque esa norma sólo considera leche al producto obtenido de las vacas y a pesar de que, en nuestro país, la leche más consumida es de origen bovino, existen otras especies (búfala, cabra, camella, oveja, etc.), de las que se obtiene este producto, pero con otra denominación.

En general, se define a la leche como un líquido blanco, opaco, dos veces más denso que el agua, de sabor ligeramente azucarado y de olor poco acentuado.

Asimismo, ésta constituye un sistema químico y fisicoquímico muy complejo y de modo esquemático, se puede considerar como una emulsión de materia grasa en una solución acuosa que contiene numerosos elementos, unos en disolución y otros en estado coloidal, la grasa y las vitaminas liposolubles están en emulsión; las proteínas y los minerales acoplados a las micelas de caseína en suspensión; y los glúcidos sobre todo la lactosa, los minerales, el nitrógeno no proteico y las vitaminas hidrosolubles en solución (McCarthy, 2011).

La leche de oveja se caracteriza por tener un alto contenido en grasa, proteína, sólidos totales y también en minerales en comparación con la de vaca y la de cabra (Tamime y col., 2011; Barlowska y col., 2011; Park y col., 2007).

Barlowska y col. (2011), llevaron a cabo en un metaanálisis con datos de 30 estudios de la literatura (grupo estadístico  $n=30$ ), dicho estudio fue realizado con información de las especies de mayor importancia en la producción de leche a nivel mundial (Cuadro 1). Este análisis permitió mostrar valores promedio de los principales componentes de la leche (proteína, grasa y lactosa) y en cierta medida, minimizar el impacto de los factores que alteran su composición, como la raza, el sistema de alimentación, la etapa de lactancia o época del año.

Cuadro 1.- Resultados de la composición química básica de la leche en diferentes especies animales en 30 estudios.

Especie		%		
		Proteína	Grasa	Lactosa
Bovino	Media ( $n=30$ )	3.7	4.0	4.8
	DS	0.3	0.4	0.2
	Min	2.5	3.2	4.4
	Max	4.1	5.3	5.3
Cabra	Media ( $n=30$ )	3.2	4.0	4.5
	DS	0.4	0.7	0.2
	Min	2.3	3.0	4.0
	Max	4.4	6.0	5.0

Oveja	Media ( <i>n</i> =30)	5.7	6.9	4.7
	DS	0.6	1.2	0.3
	Min	3.3	4.1	3.7
	Max	6.6	9.3	5.2

Modificado de Barłowska y col. (2011).

En comparación a la producción de leche bovina, en la de oveja los principales componentes varían de forma natural a lo largo de la lactación, con mayor producción de leche hay menor cantidad de sólidos y a la inversa coincidiendo el máximo de producción con el mínimo de composición. Dicha variación también afecta tanto a la composición química, como a la composición cualitativa y cuantitativa de los ácidos grasos totales presentes en la grasa (Barłowska y col., 2011; Park y col., 2007).

El valor energético de la leche de diversos animales está estrechamente relacionado con la concentración de ciertos compuestos en materia seca, especialmente la cantidad de grasa. En cuanto al contenido energético de las leches, sobresale como la más alta la de oveja con 5,932 kJ / kg (Park y col., 2007), la leche de vaca 3,169 a 3,730 kJ / kg (Barłowska, 2007), de búfala 3,450 kJ / kg (Kanwal y col., 2004), de camello 3,283 kJ / kg (Shamsia, 2009) y leche de cabra 3,018 kJ / kg (Park y col., 2007).

### Grasa

Como se mencionó la grasa de la leche de oveja tiene una presencia elevada en el contenido total de los sólidos; entre un seis y un siete por ciento (casi el doble que en la leche de vaca). No contiene  $\beta$  (beta)-caroteno, por lo que siempre es blanca, a diferencia de la grasa de vaca que suele tener una ligera coloración amarilla; es el componente con mayor variación de la leche, tanto cuantitativa como cualitativamente, dependiendo de factores como el estado de lactación (cuando mayor es la producción, menor es el contenido en grasa), la estación, la raza, el genotipo y la alimentación (Desiderio y col., 2016).

Este último factor es el que ha sido estudiado con mayor profundidad. Se han llevado a cabo numerosos estudios para conocer el impacto de la alimentación de

los animales sobre la cantidad y el perfil de esta grasa, tanto para mejorar la cantidad de ácidos grasos benéficos (ácido ruménico, ácidos grasos omega 3 y omega 6), así como para disminuir los que son considerados perjudiciales para la salud humana (ácidos grasos trans) Raynal-Ljutovac y col. (2008).

### Ácidos grasos

Los lípidos que están presentes en forma de glóbulos son abundantes y poseen la característica de tener un tamaño menor a los 3.5  $\mu\text{m}$ . Lo que los vuelve en promedio los glóbulos grasos más pequeños entre la leche de rumiantes; esto es ventajoso para la digestibilidad y un metabolismo de lípidos más eficiente en comparación con la leche de vaca. La estructura y composición de la membrana de los glóbulos es similar a la de vaca y cabra, y representa aproximadamente el 1% del volumen total de grasa de la leche (Recio y col., 2009).

La grasa de la leche en los rumiantes contiene más de 400 ácidos grasos (AG) que se diferencian en la longitud de la cadena carbonada y en el número y orientación de los dobles enlaces (Jensen, 2002). Cerca del 98% de los AG se encuentran esterificados en triglicéridos mientras que lo constituido por fosfolípidos es del (0.6–1.0%), esteres de colesterol (0.2 – 0.4%), diglicéridos (0.25 – 0.48%), monoglicéridos (0.02 -0.04%) y AG libres (0.1 – 0.4%) (Jensen y Newburg, 1995).

En general, en la leche de los mamíferos domésticos, los glóbulos de grasa contienen un núcleo lipídico hidrófobo, constituido principalmente por triacilglicéridos (TAG), rodeados por una membrana hecha principalmente de fosfolípidos y glicoproteínas; los triglicéridos consisten en tres ácidos grasos asociados a una molécula de glicerol. Sus propiedades están determinadas por la naturaleza y cantidad relativa de cada uno de los AG de su molécula. Cabe decir que se han identificado cientos de AG distintos, existiendo, por tanto, un grandísimo número de triglicéridos diferentes (Jensen, 2002). Esto es de suma importancia ya que la composición en ácidos grasos influye en las propiedades tecnológicas de la grasa, como el punto de fusión, la densidad, etc. (Masanori, 2002), debido a factores como:

1. Grado de insaturación (número de dobles enlaces): los ácidos grasos se clasifican como saturados si no tienen dobles enlaces, o insaturados si los tienen.

Los AG insaturados pueden ser monoinsaturados (MUFA) o poliinsaturados (PUFA), dependiendo del número de dobles enlaces que hay en la cadena de carbonos. La leche de rumiantes contiene en torno a un 4-5% de PUFA, siendo los más importantes el ácido linoleico (C18:2) y el ácido linolénico (C18:3), un 21-25% de MUFA, siendo el más abundante el ácido oleico (C18:1) y un 70-75% de AG saturados, siendo los más importantes desde el punto de vista nutritivo el palmítico (C16:0) y el esteárico (C18:0) (Bouattou, 2007).

2. Longitud de las cadenas (de cuatro a 18 átomos de carbono, predominando los de cadena par son los más frecuentes): la clasificación según la longitud de cadena o número de átomos de carbono fue establecida por Bloor (1943) en tres categorías:

- AG de cadena corta: de 4 a 6 carbonos.
- AG de cadena media: de 8 a 14 carbonos.
- AG de cadena larga: de 16 a 24 carbonos.

Otros autores, como por ejemplo Chilliard y col., (2004), clasifican los AG de cadena corta como los de cuatro a ocho carbonos, los de media de 10 a 16 y los de cadena larga de 18 en adelante. Fernández-García y col., (2006) consideran los de cadena media del C10:0 al C14:0. Reynolds y col., (2006) hacen una clasificación del siguiente modo: hasta 12 carbonos corresponderían a cadena corta, de 14 a 16 carbonos cadena media, y a partir de 18, al igual que Zhang y col., (2006). Cabiddu y col., (2006) consideran de cadena corta hasta 10 carbonos, de cadena media hasta 16 y de cadena larga de 17 en adelante.

La mayoría de los AG tienen una longitud de cadena comprendida entre 14 y 18 átomos de carbono, y en el caso de los rumiantes destaca por su alto contenido de AG de cadena corta; cuatro, seis, ocho y 10 carbonos. De acuerdo con Park y col.,

(2007), el porcentaje de TAG con un número de 26 a 36 y de 46 a 54 de longitud es mayor en la leche de oveja en comparación con al de vaca.

3. Posición (cis o trans) e isomería geométrica: en el caso de ser insaturados, cada ácido graso puede tener una forma de configuración geométrica. La forma cis mantiene en la misma orientación los dos átomos de carbono del doble enlace, mientras que, si la orientación es contraria, el isómero es trans. Según Masanori (2002), los ácidos grasos trans poseen características interesantes para el procesado de los productos, sin embargo, son considerados perjudiciales para la salud, salvo algunas excepciones como el trans-11 C18:1 o trans vacénico (TVA).
4. Ramificaciones que algunos ácidos grasos pueden presentar mediante una cadena ramificada con un grupo terminal  $-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$ .

Alrededor del 50% de los ácidos grasos de la grasa de la leche son sintetizados *Denovo* en la glándula mamaria y el resto de los ácidos grasos proceden de los lípidos de la dieta (alrededor de un 40 - 45%) y/o de la movilización de las reservas corporales del animal, en proporción variable dependiendo de la fase de lactación en la que se encuentre el animal (Chilliard y col., 2000), desde un cinco por ciento, si el animal está bien alimentado, hasta un 20% del total de ácidos grasos de la leche cuando el animal se encuentra al inicio de la lactación y tiene lugar la movilización de reservas corporales para obtener la energía necesaria que no se llega a cubrir con la ingestión de alimento (Bauman y Griinari, 2003).

Los lípidos que entran al rumen son principalmente insaturados; pero debido al extenso metabolismo (lipólisis y biohidrogenación) que sufren en dicho compartimento (Lourenco y col., 2010), los AG que se absorben en el intestino son saturados (Shingfield, 2012); esto debido a que tras su ingestión las moléculas lipídicas son separadas de sus componentes estructurales, hidrolizadas y liberadas

en el rumen como AG sin esterificar, si estos presentan dobles enlaces, serán convertidos finalmente en AG saturados (Jenkins y col., 2008).

Dicha biohidrogenación es un mecanismo de detoxificación que la flora ruminal adopta como protección de efectos nocivos por la ingestión de los lípidos en la dieta (AG libres) poseen acción bactericida y bacteriostática por el poder antimicrobiano que presentan de manera general los AG insaturados que presentan uno o más dobles enlaces, en comparación con los AG saturados (Maia y col., 2007).

Gallardo (2013) menciona que el perfil AG de la leche de oveja es bastante similar al de la de cabra: cinco ácidos grasos constituyen más del 75% de la grasa (C10: 0, C14: 0, C16: 0, C18: 0 y C18. El contenido de AG saturados (65-75 g / 100 g de AG total) es comparable al de la leche de vaca, búfalo y cabra. La leche de oveja contiene más retinol que la leche de vaca y cabra (Cuadro 2). El contenido en ácido caprílico y cáprico es superior con respecto a la leche de vaca.

Cuadro 2.- Ácidos grasos (g/100g AGT) de la grasa en cabra, oveja y vaca.

Ácidos Grasos	Cabra	Oveja	Vaca
C4:0	-	2.8	5.17
C6:0	1.58	2.39	3.38
C8:0	2.01	3.45	1.98
C10:0	8.23	8.61	4.23
C12:0	3.93	5.37	4.8
C13:0	-	0.18	0.25
C14:0	10.68	10.18	13.78
cis-9 C14:1	0.22	0.76	1.36
C15:0	-	1.39	1.68
C16:0	35.88	22.04	33.36
cis-9 C16:1	0.93	1.64	1.87
C18:0	6.91	10.05	5.73
trans-11 C18:1	0.7	2.53	-
trans-C18:1	1.54	-	1.4
cis-9 C18:1	18.54	15.25	11.59
cis-9, cis-12 C18:2	2.36	3.47	-

cis-6, cis-9, cis-12 C18:3 n-6	0.09	0.06	-
cis-9, cis,12, cis-15 C18:3 n-3	0.45	1.22	0.39
cis-9, trans-11 C18:2 (RA)	0.63	0.89	0.45
trans-10, cis-12 C18:2 (CLA)	0.0004	0.02	0
C20:0	-	0.38	0.12

---

Modificado de Gallardo (2013).

Los posibles efectos benéficos para la salud humana de algunos ácidos grasos con propiedades bioactivas, como es el caso del isómero cis-9, trans-11 del ácido linoleico conjugado (CLA) y los PUFA n-3, han motivado un gran interés en el desarrollo de estrategias nutricionales en los semovientes que permitan aumentar su concentración en la leche y la carne de rumiantes (Gallardo, 2013). Es importante mencionar que la leche de oveja es la que mayor potencial tiene respecto a la presencia de ácidos grasos benéficos (compuestos bioactivos) (Falguera y col., 2012).

Así, se sabe que la grasa láctea en general contiene un buen número de lípidos con propiedades bioactivas, como el ácido linoleico conjugado (CLA, por las siglas en inglés de conjugated linoleic acid), el ácido butírico (4:0), algunos AG ramificados, el ácido vaccénico (trans-11 18:1) o la esfingomielina (Shingfield y col., 2008). Entre ellos, el isómero cis-9, trans-11 del CLA (ácido ruménico) es quizás el que ha recibido mayor atención en el campo de la investigación, tanto por sus potentes efectos antiproliferativos y apoptóticos en cultivos de células tumorales (Pariza y col., 2001) como por la efectividad de las estrategias dirigidas a aumentar su contenido en la leche mediante cambios en la alimentación del ganado como sucede con el uso de suplementos lipídicos (Lock y Bauman, 2004; Chilliard y col., 2007; Gallardo, 2013).

Un alimento funcional es aquel que además de satisfacer las necesidades nutricionales básicas, puede proporcionar beneficios para la salud y reducir el riesgo de padecer enfermedades. Este nuevo concepto surge en Japón en la década de los años 80 cuando las autoridades intentaron reducir los gastos sanitarios,

generados por la mayor longevidad de la población, y garantizar una mejor calidad de vida (Bigliardi and Galati, 2013). El gobierno nipón desarrolló entonces el programa FOSHE (*Foods for Specific Use and Health*) para estudiar alimentos funcionales. Más tarde, en la década de los 90, la Unión Europea financió una Acción Concertada y un proyecto (*Functional Food Science in Europe*, FUFOSE) para fomentar el desarrollo de estos alimentos y aportar evidencias científicas sobre sus potenciales beneficios.(Bigliardi and Galati, 2013).

Es por ello, que las evidencias científicas que relacionan alimentación y salud se han multiplicado durante los últimos 10 años aumentando el interés del consumidor por los efectos que la dieta pueda ejercer sobre la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer y otras patologías; numerosos trabajos de investigación han constatado que distintos constituyentes de los alimentos son ingredientes de interés para la salud humana: tal es el caso de componentes derivados de las proteínas, lípidos, oligosacáridos, minerales, vitaminas y antioxidantes entre otros (Barłowska, 2011; Cuchillo y col., 2010; Wildman, 2007; Delgadillo, 2015).

Así se han identificado péptidos con actividad antihipertensiva, elementos minerales como el calcio que puede contribuir a un retraso en la aparición de la osteoporosis, ácidos poliinsaturados con potencial reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, esteroides de plantas que pueden inhibir la absorción de colesterol, componentes con actividad antioxidante y prebióticos o microorganismos probióticos para mejorar la flora intestinal (Park y col. 2007).

### Compuestos nitrogenados

El principal componente de la leche son las proteínas (Barłowska y col., 2011), cuyo impacto influye directamente sobre la capacidad de procesamiento de la leche y sobre la calidad de los productos lácteos (Albenzio y Santillo, 2011).

Kalyankar y col. (2016) mencionan que la leche de oveja es una rica fuente de proteínas biológicamente activas que incluyen actividad antibacteriana, inmunoglobulinas, lactoferrina, lactoperoxidasa, lisozima, hormonas y factores de crecimiento. El contenido de proteína en la leche de oveja es significativamente mayor (4.52-5.50%) que la leche de búfalo, vaca y cabra.

Los componentes proteicos de la leche tienen múltiples funciones, proporciona aminoácidos, que son necesarios para el crecimiento y desarrollo. Los aminoácidos esenciales están presentes en concentraciones similares a los de la leche de vaca, aunque la isoleucina, leucina, serina, ácido glutámico y tirosina pueden estar en cantidades ligeramente inferiores (Recio y col., 2009). Entre los aminoácidos libres la taurina y carnitina son importantes debido a sus funciones fisiológicas esenciales en el recién nacido. La leche de oveja contiene significativamente más taurina (14 mmol / 100 mL) que la contenida en la leche de vaca (1 mmol / 100 mL) pero inferior a la contenida en la leche humana (30 mmol / 100 mL).

Dentro de las materias nitrogenadas de la leche la fracción más importante es el nitrógeno proteico (95 % del total de las materias nitrogenadas). La fracción proteica se puede clasificar en dos grupos: caseínas y proteínas del suero ( $\alpha$ -lactoalbúmina,  $\beta$ -lactoglobulina), la albúmina del suero y las inmunoglobulinas.

Las caseínas (aproximadamente el 80% de las proteínas) predominantes son  $\alpha$ 1,  $\alpha$ 2,  $\beta$  y  $\kappa$ . La caseína tiene una gran influencia en el rendimiento quesero, siendo de gran importancia la proporción de sus diferentes fracciones y el tamaño micelar. Dentro del segundo grupo, están las proteínas del suero como la  $\alpha$ -lactoalbúmina,  $\beta$ -lactoglobulina, la albúmina del suero y las inmunoglobulinas (Barłowska y col., 2011).

Otra proteína soluble encontrada en pequeñas cantidades y que posee propiedades antibacterianas es la lactoferrina. La albúmina del suero e inmunoglobulinas no son específicas de la leche y se consideran iguales a los encontrados en sangre (Amigo y col., 2000).

### Nitrógeno no proteico

El nitrógeno no proteico representa entre el cinco y 6,8% del total nitrógeno en leche de oveja. Los compuestos nitrogenados no proteicos presentes en la leche son la urea (45%), aminoácidos libres (16%), creatina (2,4%), creatinina (1,7%), nitrógeno amónico (1%), ácido úrico (2,1%), y otros compuestos indeterminados. La leche de oveja contiene más urea y ácido úrico que la que se encuentra en la leche de vaca.

### Lactosa

La leche de oveja contiene 4,5-5,0 g de lactosa por kilogramo de leche, y la lactosa representa el 22-27% de materia seca frente al 33-40% de la leche de vaca.

De hecho, de todos los componentes de la leche, el contenido de lactosa es el menos variable y como se discutirá con mayor detalle más adelante, es el principal osmol en la leche, lo que determina en gran medida el volumen de leche o la cantidad de agua en la leche. Un menor contenido de lactosa en la leche tiende a asociarse con menos agua en la leche o con un mayor contenido de sólidos lácteos.

La ventaja de esto para los fabricantes de productos lácteos va en términos de menores costos de almacenamiento y transporte. Esta es la razón por la que, a pesar de ser uno de los principales componentes de la leche, no muchos países consideran el valor de la lactosa en su sistema de precios para el valor de la leche Kalyankar y col. (2016).

Sin embargo, desde el punto de vista biológico, la lactosa es un componente esencial de la leche, ya que es un azúcar que puede ser fermentada por determinados microorganismos para producir ácido láctico indispensable para lograr la coagulación en la elaboración de leches fermentadas y quesos, gas carbónico y otros compuestos importantes como el diacetilo, que interviene en la formación del aroma (López y Barriga, 2016).

### Minerales

Los minerales en la leche de oveja no han sido tan extensamente estudiados como en la leche bovina, aunque puedan ser de interés nutricional y de salud ya que la

leche y los productos lácteos pueden hacer una contribución importante a la ingesta diaria de algunos de ellos, especialmente Ca y P (Kalyankar y col.,2016).

Es frecuente diferenciar los minerales en: macroelementos: las sales mayoritarias de la leche están constituidas por cloruros, fosfatos y citratos de potasio, calcio, sodio y magnesio, y por oligoelementos: muy numerosos, dependen en gran medida de la alimentación del animal, medio ambiente, etc. Entre ellos figuran aluminio, zinc, manganeso, hierro y cobre (López y Barriga, 2016).

Park y col. 2007 refieren que alrededor del 0,9% de cenizas de la leche de oveja contiene sales minerales, los elementos más abundantes son Ca, P, K, Na y Mg. Ca y P, siendo los principales y más importantes, en términos nutricionales (Cuadro 3), así como por su papel en la estructura de las micelas de caseína y, por lo tanto, en el comportamiento de las caseínas en la elaboración del queso.

Cuadro 3.- Aporte de minerales por litro en relación con requerimientos en humanos.

Minerales	Leche de oveja	Leche de vaca	Necesidades humanas
Ca	254	170	800
P	133	85	1
K	97	101	1.5
Na	31	40	1.15
Mg	57	40	300
Cu	17	6	2
Fe	9	5	12
Mn	2	2	3
Zn	106	56	7

Modificado de Fox (2000).

#### Factores que influyen en la composición y la calidad de la leche

De acuerdo con Ahmad y col. (2008); Park y col. (2007); Aganga y col. (2002); Haenlein (2002) y Bencini y col., (2002), muchos son los factores que afectan la composición y la calidad de la leche y pueden clasificarse como intrínsecos o que son inherentes al animal; en ellos se pueden mencionar la genética, la etapa de lactación, número de partos, estado fisiológico, la salud de la ubre, y los factores

extrínsecos que dependen de factores externos, como el manejo nutricional, la época del año y el sistema de ordeño.

## Justificación

Durante las últimas dos décadas la producción ovina en México ha tenido un crecimiento razonable, buscando diversificar hacia nuevos mercados en la producción; que generen un mayor ingreso y que los mismo sean benéficos para la salud del consumidor. Distintos estudios resaltan la importancia de la leche en la salud humana, es aquí, donde se hace indispensable realizar más investigación sobre la producción de leche de oveja, en cuanto a las características de grasa (contenido de ácidos grasos), proteína, lactosa, influenciadas por el sistema de producción empleado.

## Objetivo general

- Caracterizar los niveles de producción, determinar diferencias en los principales componentes de la leche y perfil de ácidos grasos de leche en un sistema de producción estabulado, establecer si existen diferencias entre las razas utilizadas.

## Objetivos particulares

- Conocer los niveles de producción en ovejas east friesland y awassi-lacaune bajo las mismas condiciones de alimentación y manejo.
- Determinar el contenido de grasa, proteína, sólidos, sólidos no grasos, lactosa y densidad de la leche bajo en un sistema estabulado.
- Caracterizar el perfil de ácidos grasos en la leche de ovejas east friesland y la cruce de awassi-lacaune.

## Hipótesis

Las características en cuanto a niveles de producción, porcentaje de proteína, lactosa, sólidos, sólidos no grasos, así como grasa y la composición de ácidos grasos, en la leche de ovejas east friesland son diferentes a la cruce awassi-lacaune en un sistema de producción estabulado.

## Experimento 1:

### Materiales y métodos

#### Ubicación.

Se utilizó un rebaño compuesto de ovinos de las raza east friesland y la cruce awassi-lacaune; en una unidad de producción ubicada en la localidad de Río Frío, municipio de Ixtapaluca, Estado de México, ubicado en las coordenadas longitud: 98.669722 y latitud: 19.352500; la localidad se encuentra a una mediana altura de 3,000 metros sobre el nivel del mar, casi en los límites con el estado de Puebla.

#### Población de estudio

Se evaluaron 24 semovientes estabulados, en producción, con los siguientes criterios de inclusión:

- 12 ovejas east friesland (EF) y 12 awassi x lacaune (AL)
- Animales con 30 días posparto
- Condición corporal entre 3 y 4
- Que estuvieran clínicamente sanos

Todas las ovejas fueron mantenidas bajo las mismas condiciones de manejo y alimentación durante el estudio. De acuerdo con la siguiente dieta; 60% tiene como base la mezcla de alfalfa (20%), heno de avena (16%), ensilado de maíz (24%); el 40% restante fue a base de un concentrado elaborado en la misma unidad de producción.

La dieta presentó las siguientes características nutricionales:

Extracto etéreo	Cenizas	Proteína cruda	Fibra cruda	ELN	TDN ED	ED Mcal	EM Mcal	ENL Mcal
4.43	9.08	16.10	18.52	51.87	68.97	3.03	2.49	1.74

### Diseño experimental

La toma de muestras se realizó en los días 35, 50, 65, 80, 95, 110 y 125 de lactancia.

En cada muestreo se realizaron las siguientes mediciones:

- Producción de leche en litros (l)

La producción de leche se controló cada 15 días, tomando muestras individuales al momento de realizar la ordeña, utilizando un medidor de la marca *Waikato*<sup>®</sup> de 4.5 litros.

- Análisis químico

Al mismo tiempo se obtuvieron muestras individuales de 15 mL de leche para realizar las pruebas de composición químicas para obtener el porcentaje de: grasa, proteína, sólidos, sólidos no grasos, lactosa y la densidad.

Las muestras obtenidas para el análisis fueron procesadas *in situ* con un equipo basado en espectrofotometría de infrarrojo *Speedylab*<sup>®</sup> de laboratorios ASTORILAB calibrado para los parámetros de leche de oveja; con las siguientes características técnicas; rango de medición y exactitud: grasa: de 0,01% a 25,00%  $\pm$  0,10%, proteína: de 2,00% a 7,00%  $\pm$  0,15%, lactosa: de 0,01% a 6,00%  $\pm$  0,20%, SNF: de 3,00% a 15,00%  $\pm$  0,15%, densidad: de 1.000 a 1.160 Kg/m<sup>3</sup>  $\pm$  0,3 Kg/m<sup>3</sup> y con las siguientes condiciones de operación: temperatura de 10°C a 35°C, humedad ambiental de 30% a 80%.

- Peso en kg:

Antes de ingresar al ordeño las ovejas eran pesadas individualmente, esto se realizó por medio de una báscula digital de la marca *Torrey*<sup>®</sup>

- Análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar con 12 repeticiones en cada grupo, se formaron dos grupos homogéneos respecto a la variable raza.

A las medias de cada variable (producción de leche, grasa, proteína, sólidos, sólidos no grasos, lactosa, densidad), se les realizó un análisis de varianza para varias muestras por medio de la función de modelos lineales generalizados de Statgraphics®.

## Resultados y discusión

### Producción de leche

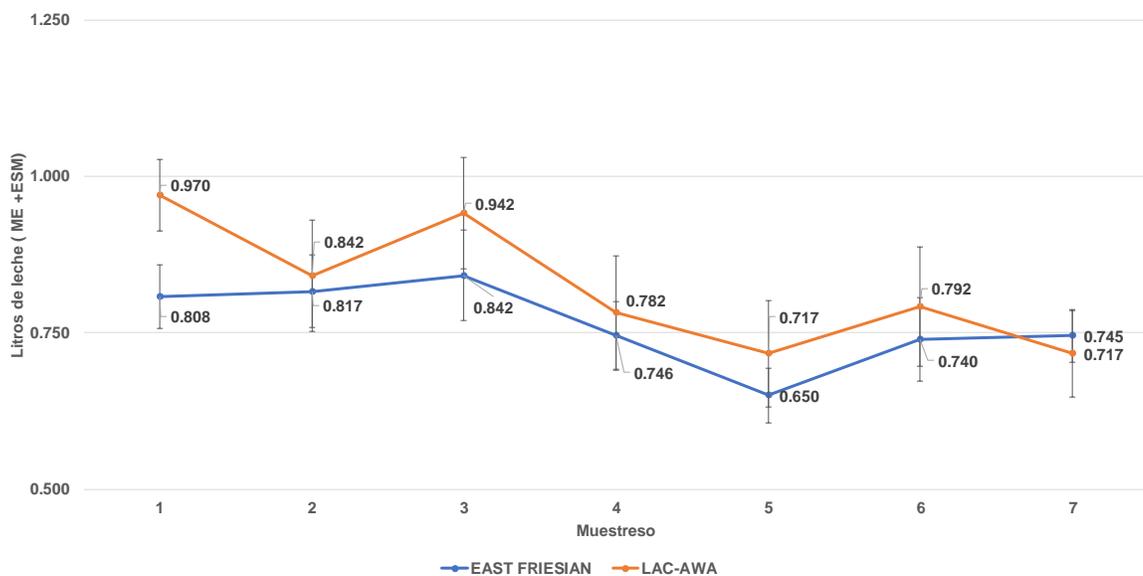


Figura 1: Producción (l) de la leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME  $\pm$  ESM.

La producción de leche en ambos grupos osciló entre los 900 y 600 mL  $\pm$  el ESM, durante los siete muestreos no se observó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ); para el muestreo uno en la raza EF se observaba un nivel de producción de 808 mL; al muestreo siete un valor de 745 mL. El grupo de AL mostró niveles de producción de 970 mL al inicio y para el final de 717 mL. La producción de leche a lo largo de la lactancia en la raza EF se reduce en 63 mL, mientras que en la raza AL muestra una reducción de 253 mL, el promedio de producción durante del estudio fue superior en el grupo AL con 827 mL, mientras que para EF fue de 760 mL.

## Grasa

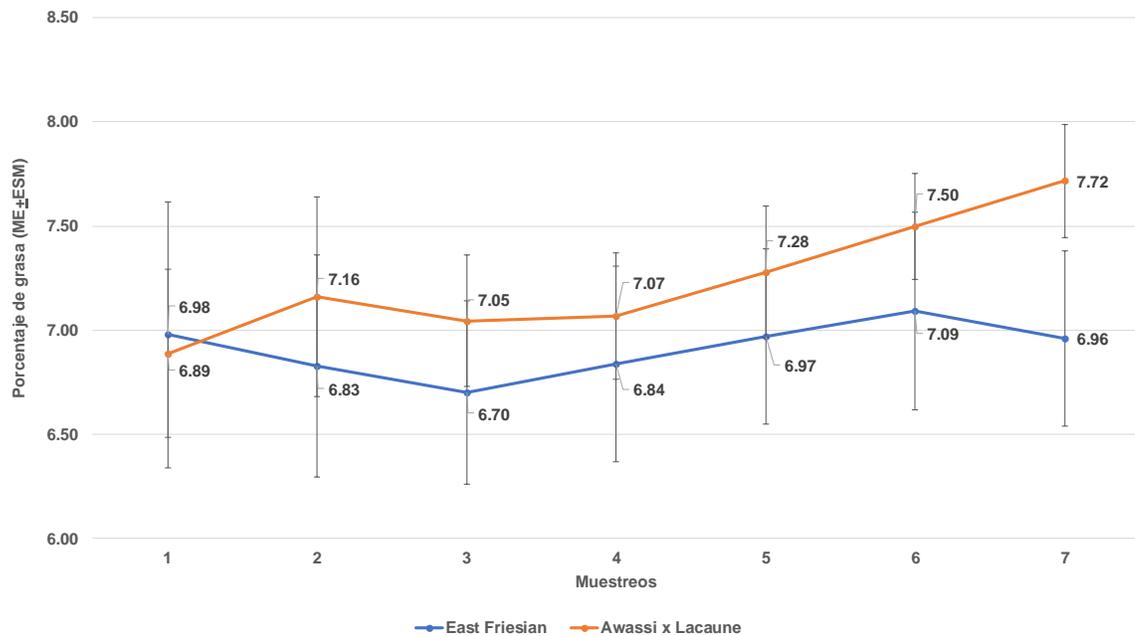


Figura 2: Grasa de la leche de borregas east friesland y awassi x lacaune ME  $\pm$  ESM.

Respecto al porcentaje de grasa, durante el periodo que comprendió el estudio, se observó que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) entre los grupos EF y AL durante los primeros seis muestreos; ambos grupos expresan un comportamiento similar iniciando con un porcentaje  $\pm$  el ESM de 6.89 y concluyendo con 7.72 para AL; en el caso del grupo EF 6.98 al inicio y 6.96 al final del sexto muestreo, solo se observó diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) para el muestreo siete en este parámetro; la media del porcentaje de grasa en los grupos de EF y AL fue de 6.91 y 7.2 por ciento respectivamente.

## Proteína

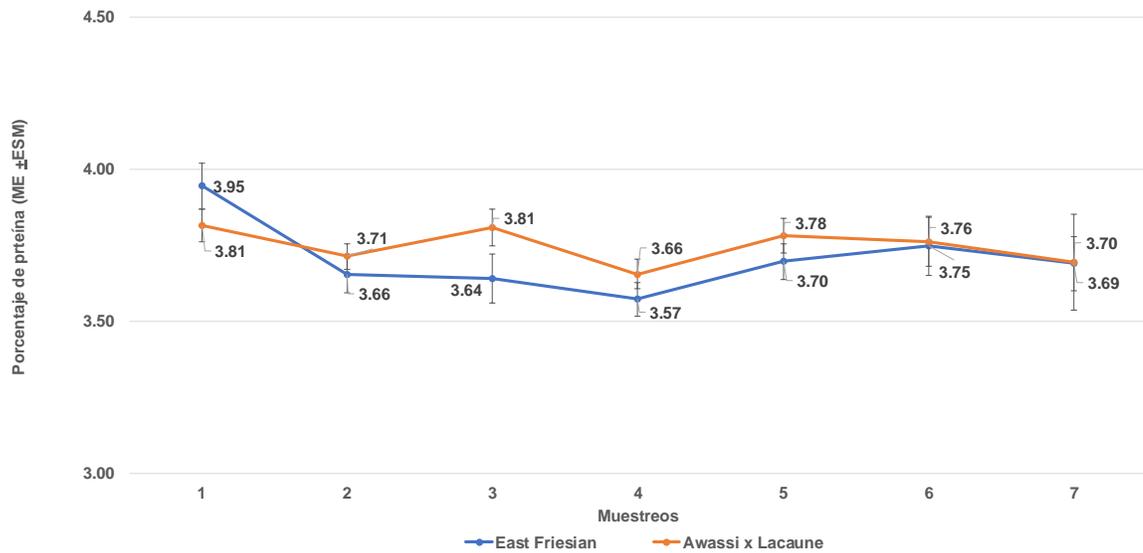


Figura 3: Proteína de la leche de borregas east friesland y awassi x lacaune ME  $\pm$  ESM.

En cuanto a los resultados del porcentaje de proteína presente en la leche analizada, el grupo AL mostró un mayor nivel de proteína en el periodo que abarca del segundo al quinto muestreo iniciando con un porcentaje de 3.81 y 3.95 para EF sin embargo, no existió una diferencia estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ), salvo el tercer muestreo en el que sí se observó diferencia, el comportamiento general de ambos grupos fue homogéneo permaneciendo en el rango de 3.5 a 4.0%, en ambos casos se muestra una tendencia descendente hasta finalizar con un porcentaje de 3.70 para AL y 3.69 para EF  $\pm$  ESM sin mostrar diferencia. El promedio del porcentaje de proteína durante el muestreo fue de 3.70 para EF y 3.74 para AL.

## Sólidos

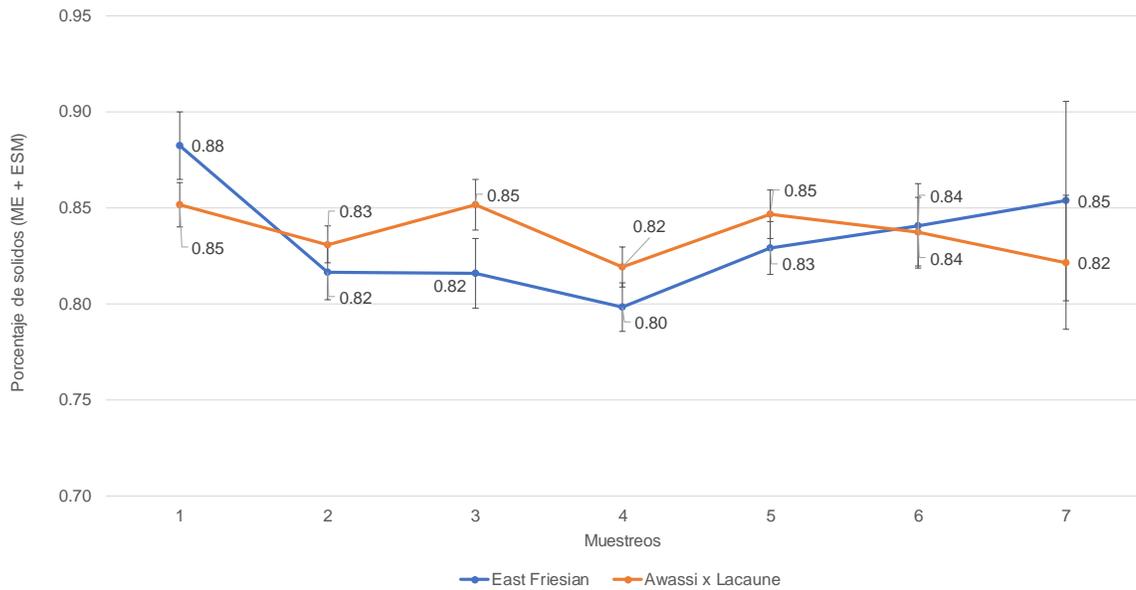


Figura 4: Sólidos de la leche de borregas east friesland y awassi x lacaune ME ± ESM.

El porcentaje de sólidos encontrados en este estudio no mostró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ), a excepción del muestreo tres. Al inicio EF mostró un valor  $\pm$ ESM de 0.88 y 0.85 para AL, finalizando en el muestreo siete con un valor de 0.85 para el grupo EF y 0.82 para AL. Los sólidos para ambas razas se mantuvieron en un rango de 0.80 a 0.90 por ciento, la media del porcentaje de sólidos durante el muestreo fue en ambos casos de .83%.

## Sólidos no grasos

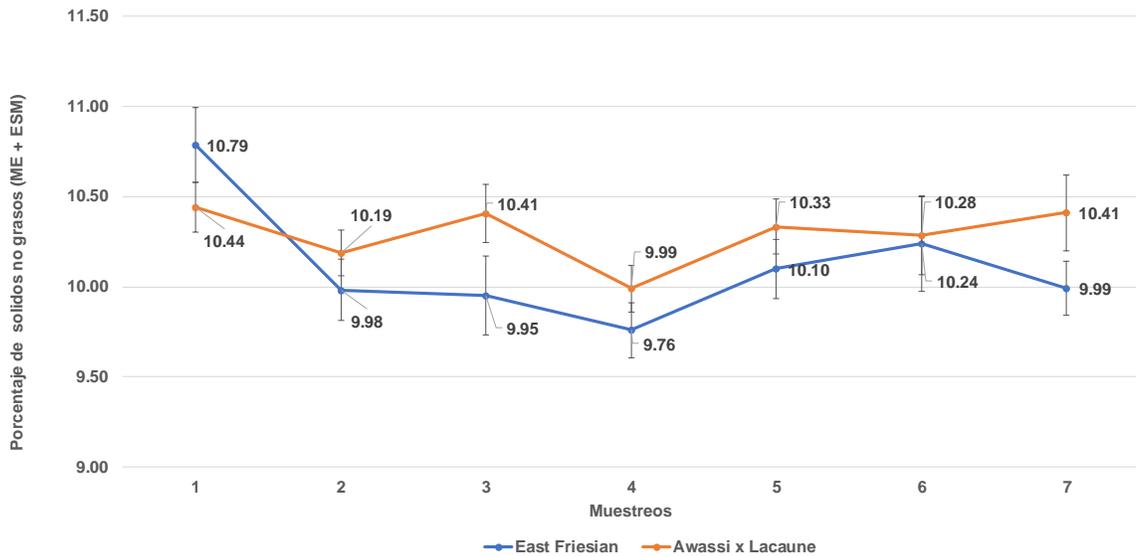


Figura 5: Sólidos no grasos de la leche de borregas east friesland y awassi x lacaune ME ± ESM.

El contenido de sólidos no grasos inició con un valor de 10.79 para la raza EF y 10.44 para la raza AL, no se observó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) en los siete muestreos, para el final del muestreo la raza EF presentó un valor de 9.99 y la raza AL 10.41. El rango permaneció entre 11 y 9.76 por ciento  $\pm$ ESM. En ambos casos se observa un comportamiento decreciente de los sólidos no grasos.

## Lactosa

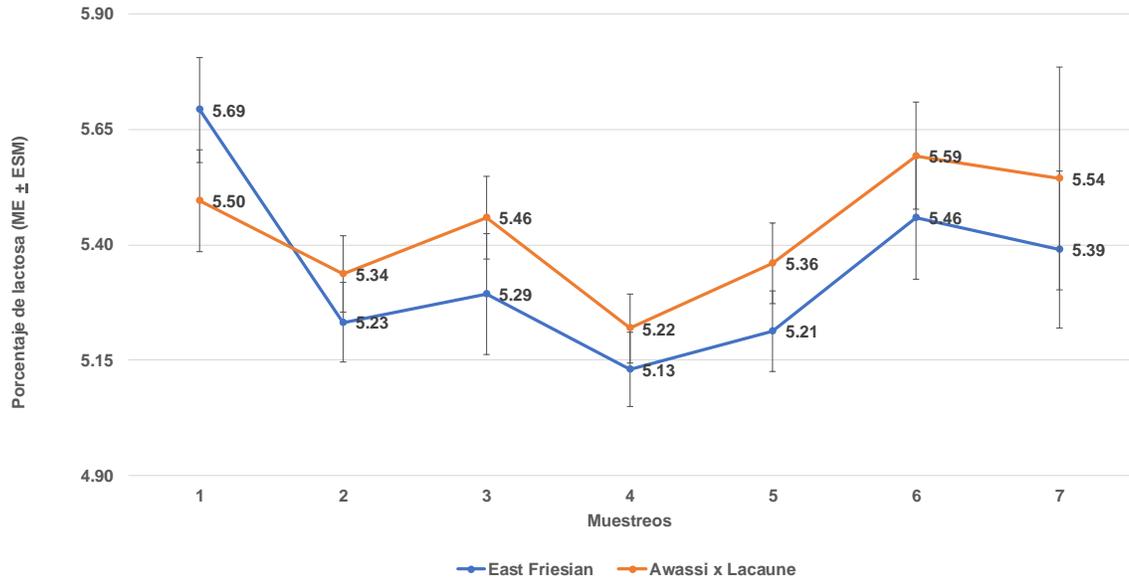


Figura 6: Lactosa de la leche de borregas east friesland y awassi x lacaune ME  $\pm$  ESM.

La lactosa en las razas EF y AL no muestra diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) a lo largo del estudio. Al inicio el grupo de EF presenta un valor de 5.69% de lactosa y el grupo de AL con 5.50%, al muestreo siete el grupo de EF muestra 5.39% y el grupo de AL muestra 5.54%, manteniendo los dos grupos en un rango de 5.13 a 5.69 por ciento  $\pm$ ESM. El porcentaje promedio durante el estudio fue de 5.34 para EF y 5.44 para AL.

## Peso

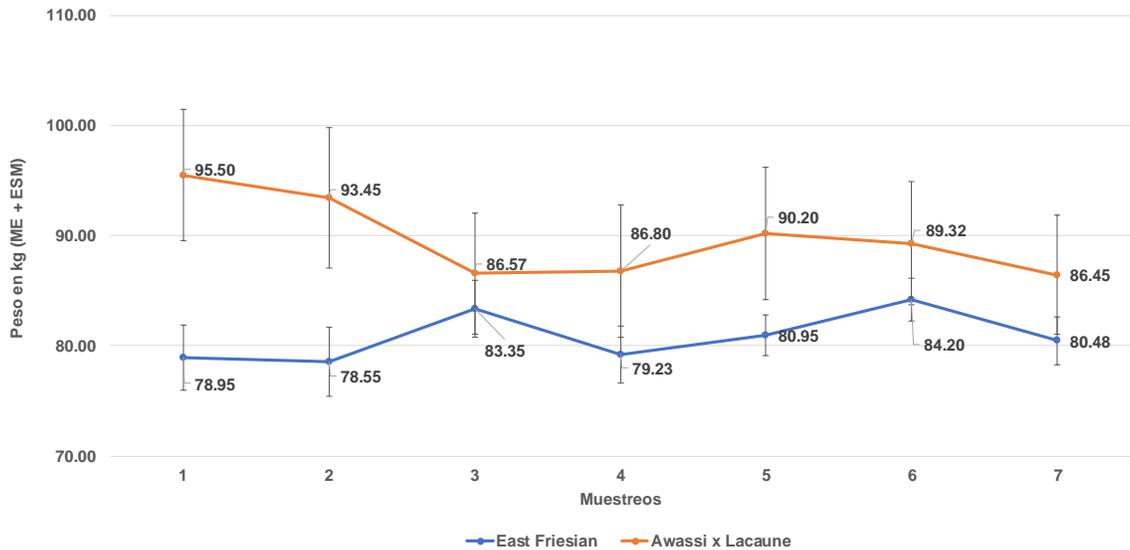


Figura 8: Peso de ovejas east friesland y awassi x lacaune  $ME \pm ESM$ .

El peso de las ovejas sometidas al estudio osciló entre 95.50 y 78.95 kg, en el caso de la raza EF y AL mostraron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) de peso en el primer y segundo muestreo, mientras que al muestreo tres en adelante no existen diferencias significativas. La raza EF mostró una ganancia de peso de alrededor de 1.53 kilos a medida que transcurre su lactancia, mientras que para la raza AL mostró una pérdida de peso de 9 kg.

En lo que respecta a los componentes de la leche durante todo el estudio no mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) entre los dos grupos analizados, sin embargo se observa un mejor desempeño del grupo AL, en este sentido Aguilar y col. (2014) reportan estudios en Chile sobre calidad y composición de la leche de oveja, en este obtuvieron como resultado que la composición presentaba valores de 7.1% en grasa, 5.7% de proteína, 4.8% en lactosa y 11.5% de sólidos no grasos. Bencini y col. (2003); Treacher y col. (2002) reportaron que la grasa y la proteína de la leche de oveja contienen una concentración alta en el inicio de la lactancia, disminuye durante el pico y posteriormente incrementa en la medida que la producción de leche disminuye, estos resultados son comparables con los

encontrados en este estudio, ya que, en ambos grupos se mostró una persistencia de los valores de porcentaje de grasa, proteína, sólidos y sólidos no grasos con una tendencia y para final de la lactancia los valores aumentan, cabe señalar que el valor de proteína es el único que mostró estar por debajo de la media reportada en otros estudios como el Kolyankar, 2016; Hunter y col. (2015) y Gallardo 2013.

Artículos como el de Makovicky y col. (2013) con nueve genotipos y sus cruzamientos, además de lo reportado por Bencini y col. (2003) y Treacher y col. (2002) señalan que los componentes de la leche tienen una variación, ya que su síntesis se determina por la producción diaria, pero señalan que existe la relación negativa entre el rendimiento con la grasa, la proteína y otros componentes.

En un estudio llevado a cabo por Goetsch y col. (2011) compararon diferentes razas de ovejas, alimentadas con la misma ración; en el caso de la raza east friesland encontraron resultados de porcentaje en grasa de 7.4% mientras que para la raza awassi fue de 6.70% y lacaune 7.14%; Hunter y col. (2015), encontraron resultados similares con ovejas friesland; lo reportado en esta caracterización es similar a los resultados en cuanto al contenido de grasa de 6.9% en la raza EF mientras que en el cruzamiento de awassi-lacaune fue 7.2%, esto es de suma importancia ya que la grasa presente en la leche proporciona el gusto intenso y favorece la consistencia una vez elaborado el queso (Estrada, 2013).

Kremer y col. (2015) ; Kremer y Roses (2016); reportan en ovejas corriedale en cruzamientos con frisionas que el contenido promedio de proteína en leche es de 5.4%, en este estudio el grupo east friesland presentó un contenido de proteína de 3.82% y en el caso del grupo awassi-lacaune muestran un contenido de 3.75% de proteína, Stelwagen (2011) afirma que el incremento de carbohidratos en el dieta tiene un efecto positivo sobre la presencia de proteína en la leche, los resultados obtenidos en este estudio difieren de lo reportado por otros autores en este compuesto, pudiendo observar que la dieta utilizada pudiera ser un factor para el valor de la proteína más allá del genotipo.

Los sólidos totales están definidos por el contenido de grasa, proteína, lactosa y cenizas, por lo tanto, las variaciones de éstos producen fluctuaciones en los sólidos totales, entre las razas east friesland (0.86) y awassi-lacaune (0.83), estos parámetros fluctúan a lo largo de los muestreos principalmente por la variación en el contenido de grasa. El aumento tanto de la grasa como de los sólidos conforme transcurre la lactancia ya habían sido identificados en otros trabajos (Fadel, 1989; Hassan, 1995).

Los glúcidos de la leche están esencialmente representados por la lactosa, uno de los componentes mayoritarios del extracto seco total, cuyo valor medio en la leche de oveja, se sitúa en torno al 4.44%, y su intervalo de variación oscila entre el 3.70 y el 5.01% (Molina, 1999). Según Albenzio (2011), la tasa media de lactosa de la leche de oveja es un poco inferior (22-27% del extracto seco total) a la de leche de vaca (33-40%). En este estudio se encontró una concentración de lactosa de 5.54% en raza east friesland y en el caso del cruzamiento awassi-lacaune un porcentaje de 5.52%, resultados superiores a los reportados.

Respecto a la densidad de la leche, Ochoa y col. (2009) mostraron un rango de 1,016 a 1,045 g/dL, resultados no comprables con este estudio, ya que en la raza east friesland mostraron un valor de 34.01 y en la cruce awassi-lacaune el valor fue de 33.69.

## Experimento 2:

### Materiales y métodos

#### Perfil de ácidos grasos.

Durante el tiempo del estudio se obtuvieron las muestras directamente del tanque contenedor después de cada ordeño, por cada grupo a analizar un litro de leche era depositada en un envase previamente lavado, seco, limpio e identificado EF o AL según fuera el caso y se mantenía a cuatro grados centígrados por dos horas hasta su llegada al laboratorio. Una vez que la muestra era homogenizada se depositaba en cajas de Petri 40 mL por caja; para su posterior congelación a  $-20^{\circ}\text{C}$  durante 48 horas hasta su liofilización.

Dicho proceso se llevó a cabo en la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo Uno, en un equipo de la marca LABCONCO® modelo freezone 6 con las siguientes condiciones de manejo:

<b>Congelación</b>	<b>Secado primario</b>	<b>Secado secundario</b>
-14°C x 24 h con 0.3 mbar de presión	-7 °C x 24 h con 0.3 mbar de presión	5 °C x 24 h a 0.1 mbar de presión

#### Análisis del perfil de ácidos grasos

La determinación del perfil de ácidos grasos se llevó a cabo en el departamento de Nutrición Animal perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

Se llevaron a cabo los análisis de los siete muestreos de ambos lotes de ovejas con la leche previamente liofilizada.

## Extracción de grasa

La extracción del contenido graso de la leche se llevó a cabo con modificaciones del método 923.07 AOAC (2000).

De la muestra liofilizada se pesaron cuatro gramos, se homogenizaron a través de una licuadora por aproximadamente 15 a 20 segundos, hasta que la muestra quedó completamente homogénea. Seguido, se agregaron 30 mL de una mezcla 1:1 de disolventes cloroformo: etanol, se realizó agitación por 20 segundos, posteriormente se agregaron 10 mL más del disolvente y se agitó por 20 segundos más, por último, se adicionaron 20 mL más del reactivo y se agitó durante el mismo lapso; se dejó reposar y se agitó cada 15 minutos durante una hora por 40 segundos.

Pasada la hora se aforó la muestra con la mezcla de disolventes y se dejó reposar por un periodo de 24 horas, una vez transcurridas se obtuvieron dos alícuotas de 25 mL depositándose cada una en un vaso de precipitados de 150 mL, dichas muestras se sometieron a evaporación por baño maría a 60 °C para eliminar la mezcla de disolventes, una vez evaporado se colocaron los vasos en una estufa a 100 °C por 10 minutos, pasados los minutos se procedió a enfriar las muestras a temperatura ambiente en un desecador con gel de sílice.

A la muestra obtenida se le realizaron tres lavados con cloroformo, uno con 10 mL y dos con 5 mL, entre cada lavado se filtró el contenido y se colectó en un vaso de precipitados de 100 mL previamente pesado e identificado; el producto del lavado se sometió a evaporación a 60 °C y posterior secado a 80 °C por 90 minutos, el contenido lipídico se calculó por diferencia de peso y la muestra obtenida se reconstituyó en 10 mL de hexano para su posterior análisis en la determinación de ácidos grasos.

## Saponificación y derivatización de la grasa.

A través del método 969.33 AOAC (2000) se realizó el tratamiento de las muestras obtenidas de la extracción de grasa.

A un mililitro del material lipídico reconstituido se adicionaron dos mililitros de hexano y un mililitro del estándar de ácido miristoléico, en un tubo sellado y se agitó por 10 segundos, inmediatamente se agregaron dos mililitros de hidróxido de sodio al 2% en metanol y se somete una vez más agitación. La muestra se colocó a baño maría a 80 °C por dos minutos, se adicionaron cinco mililitros de hexano, nuevamente se colocó a baño maría por dos minutos. La muestra se enfría a temperatura ambiente y se adicionaron tres mililitros de solución saturada de cloruro de sodio, se agitó y se centrifugó a 900 revoluciones por minuto por diez minutos.

El resultado de este procedimiento es la obtención de dos fases que se distinguen en el tubo (fase orgánica y disolvente), el tubo es colocado en baño maría a 60 °C con flujo de nitrógeno, una vez recuperada la fase orgánica es reconstituida con un mililitro de hexano grado cromatográfico y se almacenó en congelación en viales color para su posterior análisis al cromatógrafo.

#### Determinación de ácidos grasos por cromatografía.

Para la cuantificación e identificación de los ácidos grasos se utilizó:

Cromatógrafo de gases marca Varian, modelo CP3380, con detector de ionización de flama y nitrógeno como gas acarreador.

Columna capilar DB-23 con película interna de ((50%-cianopropil)-metipolisiloxano) como fase estacionaria de 25µm de espesor y longitud de 30 metros con 0.25mm de diámetro interno.

Las condiciones de temperatura fueron 120 °C al inicio durante un minuto, incrementando de 10 °C por minuto hasta 200 °C por cinco minutos, posteriormente se incrementó a 10 °C por minuto hasta los 220 °C por cinco minutos más, nuevamente hubo un incremento de 10 °C por minuto hasta los 230 °C por ocho minutos, dando un total de 30 minutos por el análisis.

El volumen de inyección fue de un microlitro con el inyector en modo Split con relación 30:1 y temperatura de 250 °C, así mismo, la temperatura del detector fue de 280 °C.

La caracterización de los ácidos grasos se efectuó comparando los tiempos de retención de la muestra, con los alcanzados por la mezcla de esteres metílicos de los ácidos grasos C4-C24. La concentración se calculó con base en la concentración del estándar del ácido miristoléico usado como estándar interno.

#### Análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar con 12 repeticiones en cada grupo, se formaron dos grupos homogéneos respecto a la variable raza.

A las medias de cada variable se les realizó un análisis de varianza para varias muestras por medio de la función de modelos lineales generalizados de Statgraphics®.

## Resultados y discusión

### Perfil de ácidos grasos

#### Ácidos grasos saturados

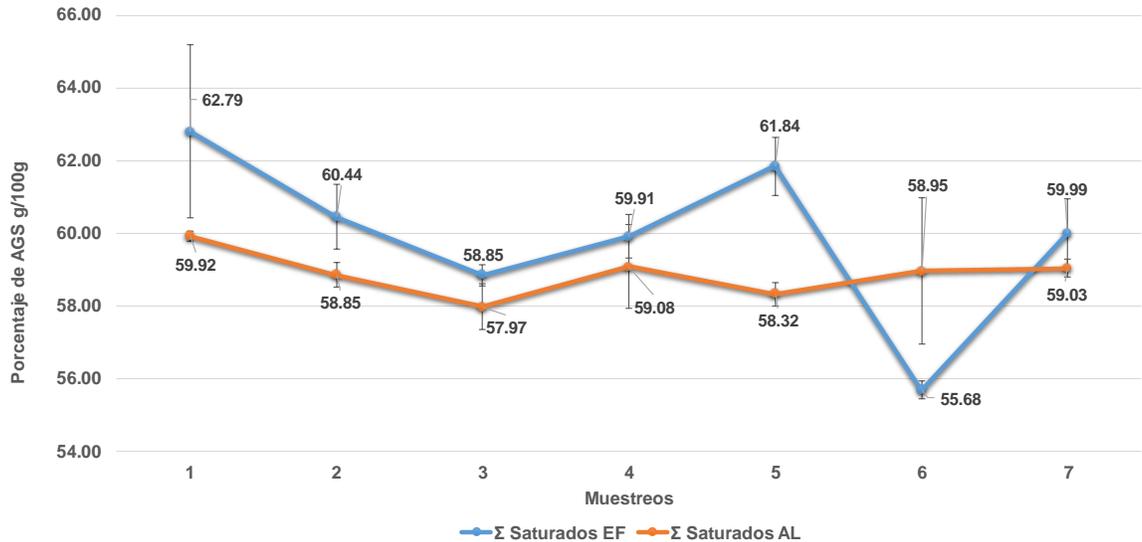


Figura 9: Ácidos grasos saturados (SFA) en leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME  $\pm$  ESM.

El porcentaje  $\pm$ ESM de ácidos grasos saturados no mostró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) respecto a la media del muestro. El grupo de EF comenzó con un 62.79% al muestreo uno; al finalizar las observaciones se obtuvo un valor de 59.99%, mostrando una reducción del 2.8%. En el caso del grupo de AL inicio con 59.92% culminando con 59.03% mostrando una reducción de ácidos grasos saturados de 0.89%.

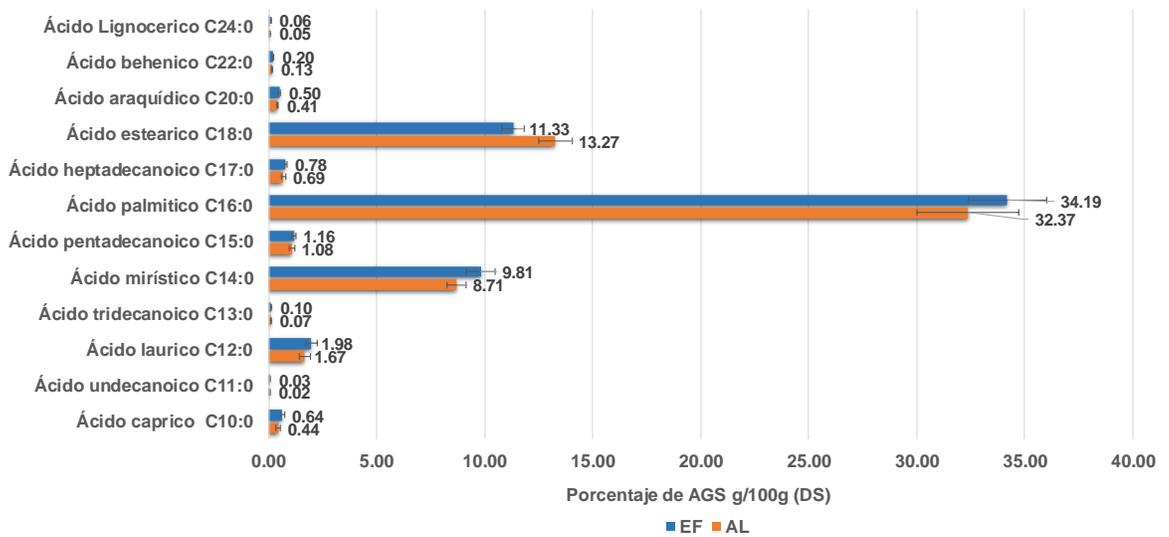


Figura 10: Contenido medio de AGS en leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME  $\pm$  ESM.

La figura 10 muestra el contenido medio  $\pm$ ESM de los ácidos grasos saturados identificados, en donde se observa la concentración del ácido lignocérico de 0.05% en AL y de 0.06% en EF, en el caso del ácido behénico, araquídico, heptadecanoico, pentadecanoico, tridecanoico, undecanoico y cáprico no muestran diferencias significativas ( $p > 0.05$ ); mientras que, en el ácido esteárico si existe una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre el grupo EF con 11.33 y AL 13.27, este último muestra una concentración más alta. En el caso del ácido palmítico la raza EF muestra una concentración mayor respecto a la raza AL y en el ácido mirístico hay una concentración mayor en la raza EF.

## Ácidos grasos monoinsaturados (MUFAS)

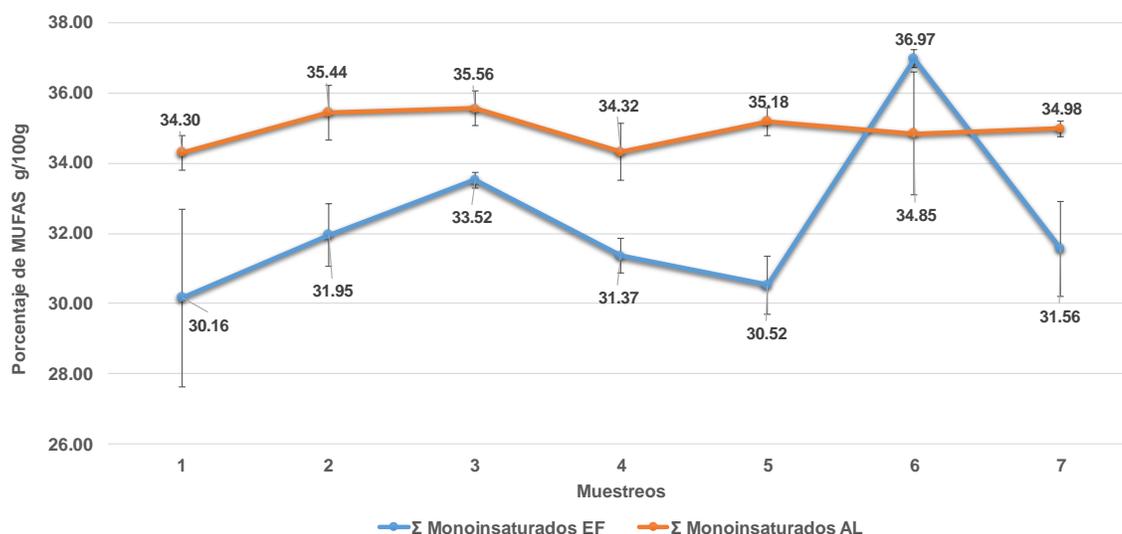


Figura 11: Ácidos grasos monoinsaturados (MUFAS) en leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME  $\pm$  ESM.

La figura 11 muestra el porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados (MUFAS)  $\pm$ ESM; en el grupo EF respecto al LA, se observan diferencias significativas entre ellos ( $p < 0.05$ ), a excepción del muestreo en el día seis donde AL muestra un contenido de MUFAS de 34.30% y finaliza con un valor de 34.98% lo que permite observar la persistencia en el contenido de MUFAS a lo largo del estudio, observando a su vez un incremento de 0.68%. En el caso del grupo EF al inicio presenta un porcentaje de 30.16 y al muestreo siete un valor de 31.56, con un incremento de 1.4% en el contenido de MUFAS. Lo que permite observar un mayor contenido de estos AG por parte del grupo AL.

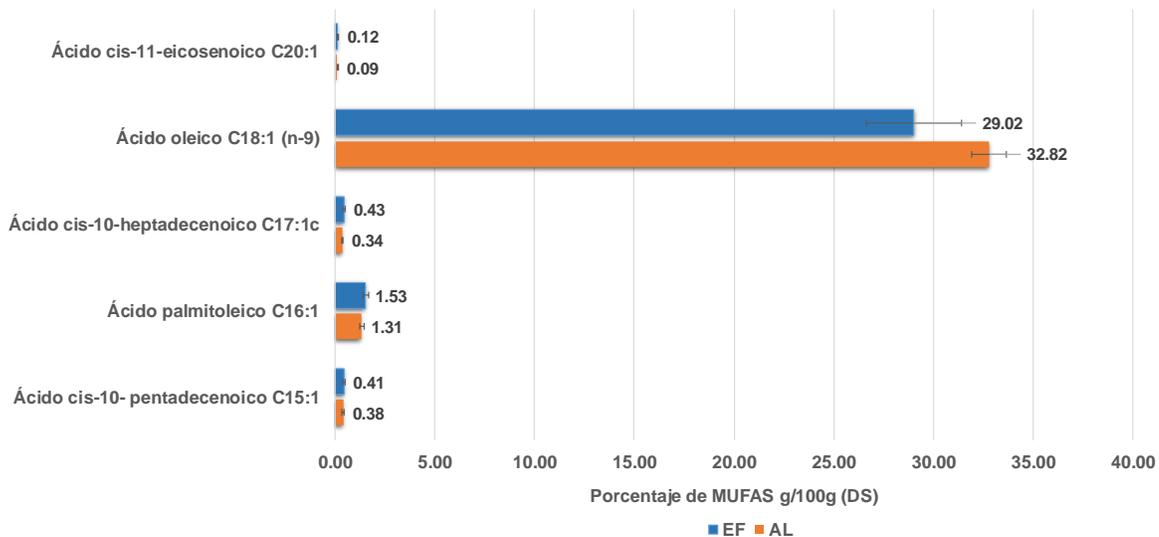


Figura 12: Contenido medio de MUFAS en leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME  $\pm$  ESM.

La figura 12 muestra el porcentaje de MUFAS  $\pm$ ESM obtenidos en los dos grupos, para lo cual, el ácido cis-11-eicosenoico, cis-10heptadecenoico, ácido palmitoleico y cis-10-pentadecenoico no muestran diferencia significativa entre ellos ( $p < 0.05$ ), en el caso del ácido oleico muestra diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) de 29.02 en la raza EF y de 32.82 por ciento para el grupo AL.

## Ácidos grasos poliinsaturados (PUFAS)

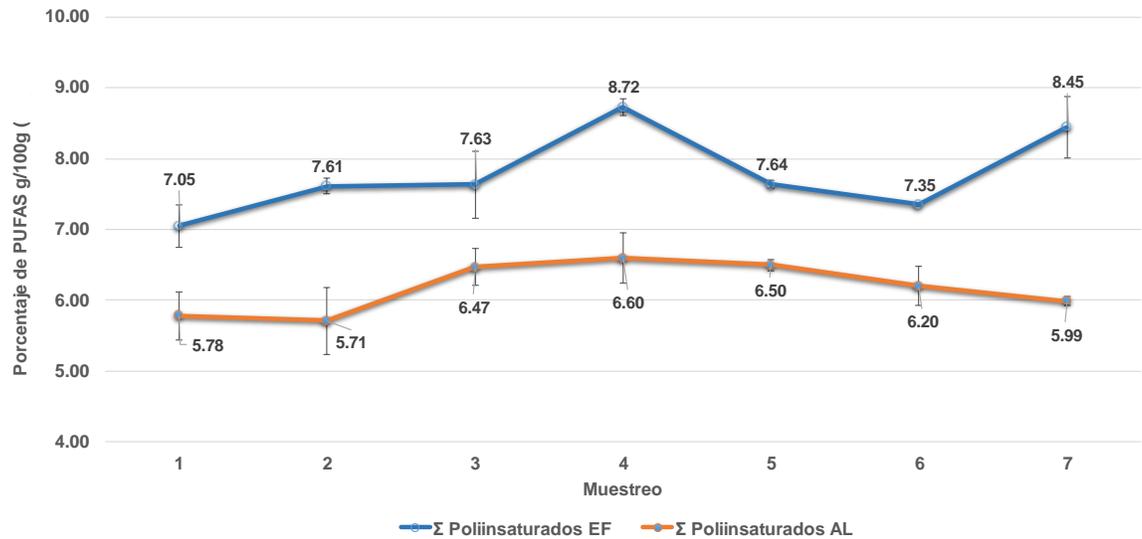


Figura 13: Ácidos grasos poliinsaturados (PUFAS) en leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME  $\pm$  ESM.

El porcentaje  $\pm$ ESM de ácidos grasos poliinsaturados se muestran en la figura 13, donde existe diferencia ( $p < 0.05$ ) entre los grupos EF y AL durante los siete muestreos. En el caso de EF se reporta un valor de 7.05% al inicio, mientras que al muestreo siete un valor de 8.45%. En el caso de la raza AL muestra un valor en el primer muestreo de 5.78% y para el séptimo, de 5.99%  $\pm$ ESM. La raza EF muestra un incremento del valor de PUFAS de 1.4% a lo largo del estudio, mientras que en el caso de la raza AL es de 0.21%.

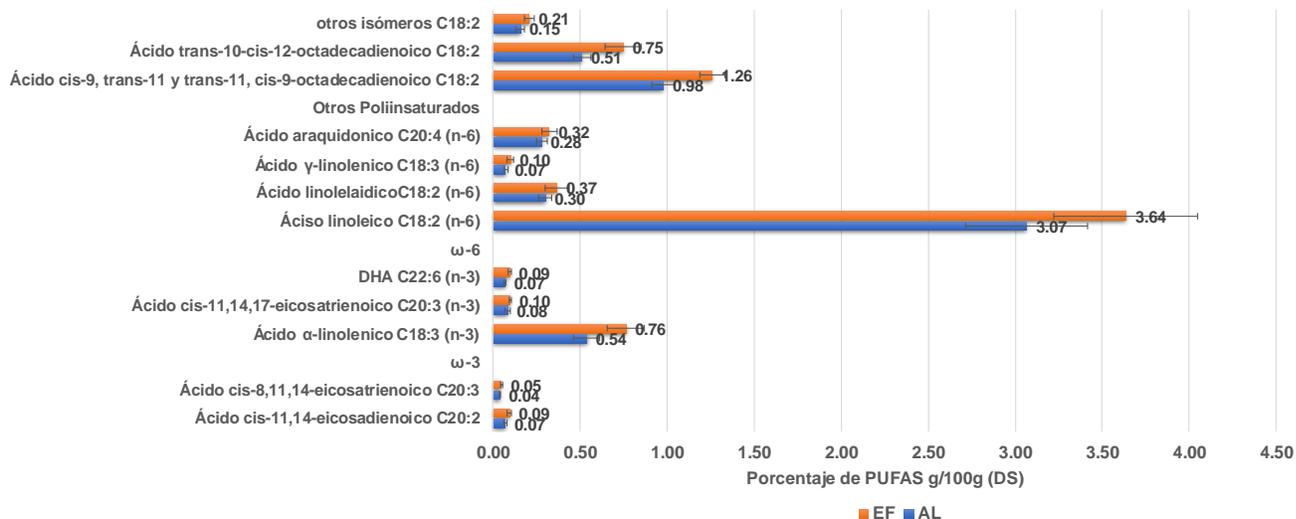


Figura 14: Contenido medio de PUFAS en leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME  $\pm$  ESM.

El contenido medio  $\pm$ ESM de PUFAS se muestran en la figura 14, en donde el ácido araquidónico, linolénico, linolelaídico, DHA, cis-11,14, 17 eicosatrienoico, cis-8, 11, 14 eicosatrienoico y ácido cis- 11, 14 eicosadienoico no muestran diferencia significativa entre los grupos ( $p > 0.05$ ), sin embargo, el ácido trans-10-cis-12-octadecadienoico muestra una mayor concentración 0.75% en el grupo de EF ( $p < 0.05$ ) respecto al grupo de AL 0.51%.

El ácido cis 9, trans 11 y trans 11 cis9- octadecanoico muestra una mayor concentración en el grupo EF con una concentración de 1.26% respecto a la concentración en la raza AL con 0.98%.

El ácido linoleico muestra una mayor concentración en la raza EF (3.64%) respecto a la raza AL (3.07%) mostrando diferencia significativa ( $p > 0.05$ ).

El ácido  $\alpha$ -linolénico mostró una mayor concentración en la raza EF con una concentración de 0.76%, respecto a la raza AL con un porcentaje de 0.54% mostrando diferencia significativa entre los grupos.

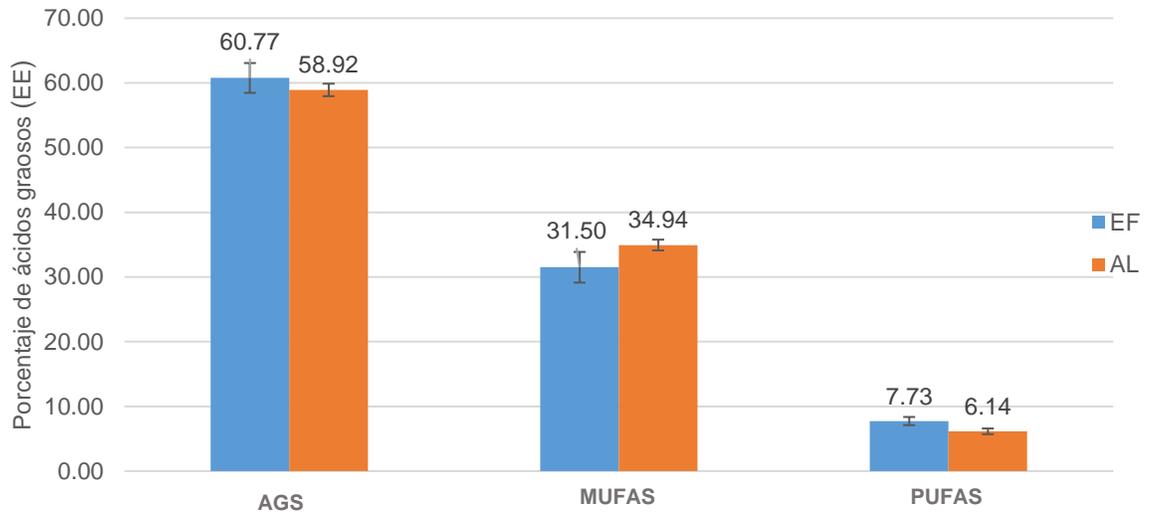


Figura 15: Promedio de ácidos grasos de leche de ovejas east friesland y awassi x lacaune ME  $\pm$  ESM.

La figura 15 muestra la sumatoria de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, en donde se observa que los ácidos grasos saturados se encuentran en mayor porcentaje  $\pm$ ESM en el grupo EF 60.77 respecto al grupo AL 58.92 sin diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ). En el caso de los ácidos grasos monoinsaturados el grupo AL muestra un mayor porcentaje 34.94 respecto a EF con 31.50. Caso contrario con los ácidos grasos poliinsaturados donde observa un mayor porcentaje en EF 7.73 y de 6.14 en AL, para estos dos tipo de ácidos grasos se obtuvo un valor de ( $p < 0.05$ ).

Las grasa láctea se considera como uno de los componentes bioactivos más importantes de la leche de oveja, debido al alto valor nutricional y al efecto físico-químico que tiene sobre la transformación de los productos lácteos. (Park y col., 2007). Los lípidos que ingieren los rumiantes en la dieta se encuentran en forma de triglicéridos, en el rumen sufren lipólisis por enzimas microbianas, obteniendo glicerol y AG libres.

Los AG insaturados libres tienen efecto inhibitorio sobre el crecimiento microbiano, en el rumen se realiza un proceso de biohidrogenación (BH) cuyo producto son ácidos grasos saturados de menor toxicidad (Bauman y col., 2006).

Los ácidos grasos en las muestras disminuyen en orden ácidos saturados, ácidos monoinsaturados y ácidos poliinsaturados; resultados comprables con otros estudios (Signorelli y col., 2008). Más del 70% de la leche cruda tiene como componente principal los ácidos grasos saturados de cuatro carbonos C4:0 (ácido butírico a 18 carbonos C18:0 (ácido esteárico), y el ácido palmítico C16:0 como el mayor compuesto de los ácidos grasos saturados, resultados comparables con este estudio, constantemente medidos en más de 19% del total de ácidos grasos

Sinanoglou y col. (2015), reportan que el ácido palmítico y oleico muestran su proporción más alta durante el último tercio de lactación, como se puede observar en lo aquí reportado con la presencia de estos AG.

La leche de oveja cuyo contenido medio de CLA (>10mg/g AG) supera al de las leches de los otros rumiantes, aportando cantidades elevadas de calcio, aminoácidos esenciales, vitamina B2, carnitina, y AG monoinsaturados y esenciales. Además, por el alto contenido en AG de cadena corta y media, se utiliza en el tratamiento de alergias y malabsorción intestinal (Haenlein, 2001).

Los ácidos grasos insaturados, se encuentran en proporciones sustanciales de ácido oleico (C18:1w-9) y linoleico (C18:2w-6), la oveja es capaz de sintetizar ácido linoleico conjugado a partir de ácido vaccénico (C18:1trans-11). El ácido vaccénico y ruménico han sido reportados como agentes anticarcinogénicos y con propiedades aterogénicas (Moioli y col., 2012). La presencia de estos ácidos grasos reportados se encontró en este estudio en un porcentaje más elevado a lo encontrado en otros trabajos, esto debido a como le menciona Lands (2016) en el que evalúa el contraste de alimentar con forraje, lo que permite obtener valores de omega 3 en medidas de 0 a +3. Además, señala que el ácido linolénico obtenido en los alimentos pasa por un proceso oxidativo para obtener potentes derivados bioactivos que optimizan el crecimiento, desarrollo e inmunidad en los animales, por lo cual, es importante que un alimento de consumo tenga suficiente cantidad.

Una comparación de la composición de los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados en la raza guirra y manchega, reportados por

Escolar (2016) coinciden con los encontrados en este estudio, en el que evalúan en diferentes razas bajo las mismas condiciones de manejo dicho perfil, si bien el efecto raza no es condicionante, si observan una leve interacción ambiente-raza.

Escolar (2016) mostró una diferencia importante de la grasa de la leche en las razas manchega y guirra durante la lactación resultados que no se observaron en este estudio. Escolar (2016) mostró un incremento de los ácidos grasos saturados y un descenso de los MUFA, mientras que los PUFA no varían significativamente durante la lactación, resultados comparables en este estudio. De la Fuente y col. (2009) observaron también en la oveja churra una evolución similar en los ac. grasos de cadena corta, cadena media y cadena larga durante la lactación, pero la evolución fue diferente en los ácidos grasos saturados, los cuales descendieron y los MUFA y PUFAS aumentaron, estas diferencias se consideran por el efecto de la dieta. La evolución de la composición de la grasa de la leche también es afectada por la evolución de la capacidad de ingestión de los animales.

Gallardo (2013) reportó que la leche de oveja presenta contenidos altos del AG trans C18:1, siendo el trans-11 C18:1 el principal isómero presente en la grasa láctea, que supone alrededor del 45- 60% del total de isómeros trans en la leche, resultados comparables con los encontrados en este estudio (Gallardo, 2013).

El ácido graso C14:1 se forma casi exclusivamente en la glándula mamaria a partir del C14:0 (Gómez- Cortés y col., 2011). El ácido oleico (cis 9 C18:1) es el ácido graso monoinsaturado mayoritario en la grasa de la leche de oveja, cuyo origen se puede atribuir directamente a la dieta, a la desaturación en la glándula mamaria del ácido esteárico (C18:0) por la acción de la enzima 9-desaturasa o a la movilización de la reservas corporales (Chilliard y Ferlay, 2004), en este estudio se muestra el ácido oleico como el compuesto mayor, en la raza east friesland de 29.02 y en la raza lacaune awassi es de 32.82.

Existen más de 10 isómeros posicionales y cuatro isómeros geométricos, la biosíntesis se debe a dos procesos diferentes: por un lado, a la biohidrogenación incompleta de los PUFA de la dieta y por otro lado a procesos de desaturación que

tienen lugar en la glándula mamaria (Palmquist y col., 2005). El isómero más destacado del CLA, tanto desde el punto de vista cuantitativo como de su efecto sobre la salud humana es el cis-9, trans-11 C18:2 (RA). Su contenido en la grasa de la leche de oveja representa entre el 78 y 89% del total del CLA (Antongiovanni y col., 2004).

### Discusión general

La leche de oveja es principalmente usada para la producción de queso y se debe poner atención en la concentración de grasa y proteína, ya que estos parámetros predicen la calidad del queso (Pellegrini y col., 1997). Los principales objetivos de las razas lecheras son: 1. Incremento de leche total (calidad de queso) 2. Estabilización del contenido de leche y 3. Control de la relación grasa: proteína para obtener un adecuado contenido de grasa en el queso para procesos de manufactura (Bocquier y Caja, 2000).

La grasa láctea contiene cerca de 400 ácidos grasos diferentes, aunque 30 son mayoritarios y el resto se consideran traza. Los ácidos grasos C4:0 al C 14:0 son característicos de la grasa láctea de rumiantes, además está constituida aproximadamente por 5% de ácidos grasos poliinsaturados, 25% de ácidos grasos monoinsaturados y 70% de ácidos grasos saturados (Pérez y col., 1998), resultados que son comprables con lo mostrado en este estudio.

Al igual que lo reportado por el este trabajo Tsiplakou y col. (2008) estudiaron el efecto de la raza sobre el contenido de AG en leche, usando ovejas awassi, lacaune, east friesland y chios, bajo las mismas condiciones de manejo y alimentación, concluyendo que la interacción entre la raza y la dieta fueron significativas para la mayoría de los AG, pero resaltan que la raza en sí tuvo un pequeño efecto en el perfil de los ácidos grasos.

La leche de rumiante, en especial ovina y caprina contiene isómeros biológicos activos de ácido oleico y linoleico conjugados, dos de ellos son biológicamente activos, con propiedades benéficas a la salud humana: cis-9, trans-11 y trans-10, cis-12 C18: 2 (Bergamo y col., 2003).

La promoción de la nutrición humana natural requiere la búsqueda de métodos para producir comida benéfica para la salud. Los consumidores modernos buscan productos de alta calidad y contenido, son los llamados “nutrientes funcionales” (Duggan y col., 2002).

### Conclusiones

De acuerdo con lo encontrado en el presente estudio se puede concluir que los niveles de producción en ovejas east friesland en comparación a él cruzamiento de awassi-lacaune no muestran diferencias bajo las mismas condiciones de alimentación y manejo, así mismo el contenido de grasa, proteína, sólidos, sólidos no grasos, lactosa se mantuvieron dentro de lo reportado por otros autores, por último al caracterizar el perfil de ácidos grasos los MUFAS y PUFAS están presentes en niveles aceptables, volviéndola un producto de alta calidad y hasta saludable para el consumo.

## Bibliografía

Albenzio, M., Santillo, A. 2011. Biochemical characteristics of ewe and goat milk: Effect on the quality of dairy products. *Small Ruminant Res.* 101: 33- 40.

Amigo, L., Recio, I., Ramos, M. 2000. Genetic polymorphism of ovine milk proteins: Its influence on technological properties of milk. A review. *International Dairy Journal* 10: 135–149.

Angeles, J., Albarran, B., Gonzalez, AG., Salas N., Gonzalez, M. 2013. Comparison of mathematical models applied to f1 dairy sheep lactations in organic farm and environmental factors affecting lactation curve parameter. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.* 26(8):1119–1126.

Antongiovanni, M., Mele, M., Buccioni, A., Petacchi, F., Serra, A., Melis, M., Cordeddu, L., Banni, S., Secchiari, P. 2004. Effect of forage/ concentrate ratio and oil supplementation on C18:1 and CLA isomers in milk fat from Sarda ewes. *J. of Animal and Feed Science* 13, 669—672.

Arranz, J., López de Munain, J., Lara, J. 1989. Evolución de las características morfológicas de la ubre de ovejas de raza Latza a lo largo del periodo de ordeño. In: 4th International Symposium on Machine Milking of Small Ruminants. Kibbutz Shefayim, Tel- Aviv, Israel. Pp. 80- 93.

Azzarini, M., Ponzoni, R. 1971. Lactación, crecientito del cordero y destete. En: Aspectos modernos de la producción ovina. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Departamento de Publicaciones. Pp 125- 147.

Barillet, F., Marie, C., Jacquin, M., Lagriffoul, G., Astruc, J.M. 2001. The French Lacaune dairy sheep breed: use in France and abroad in the last 40 years. *Livestock Production Science* 71, 17-29.

Barłowska, J., Szwajkowska, M., Litwińczuk, Z and Król, J. 2011. Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 10(6): 291-302.

Batovska, D., Todorova, I., Tsvetkova, I., Najdenski, H. 2009. Antibacterial study of the medium chain fatty acids and their 1- monoglycerides: individual effects and synergistic relationships. *Pol J. Microbiol* 58 (1): 43- 47.

Bauman D., Griinari J. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Ann. Rev. Nutr.* 23, 203-227.

Bauman, D., Lock, A., Corl, B.A., Salter, A., Parodi, P. 2006. En: Sjersén y col., (Eds). *Ruminant physiology*. Wageningen Acad. Publ., Holanda. Pg 529- 561.

Bencini, R., Knight, W., Hartmann, P. 2003. Secretion of milk and milk components in sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 43: 529- 534.

Bencini, R. 2001. Factors affecting the quality of ewe's milk in Proceedings of the 7th Great Lakes Dairy Sheep Symposium. Wisconsin.

Bencini, R., Paulina, G. 1994. The quality of sheep milk: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 37, 485-504.

Berger, Y., D, Thomas. 1997. Early experimental results for growth of East Friesian crossbred lambs and reproduction and milk production of East Friesian crossbred ewes. *Proceedings of the 3th Great Lakes Dairy Sheep Symposium*. Madison, Wisconsin, USA. Pp. 17-26.

Berger, Y., Thomas, D., Foran, M. and Lara, J. 2010. Le secteur des brebis laitières au Canada, Mexique et Etats Unis d'Amérique. In: *Séminaire international sur el*

traite et la production laitière des brebis. Saint Affrique (Francia), 9 septiembre. Edit. UPRA Lacaune, 16, pp. 1-2.

Bigliardi, B and Galati, F. 2013. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science and Technology*. 31:118-129.

Bocquier, F., Caja, G. 2000. Effects nutrition on ewe's milk quality. Proceedings of the 6<sup>th</sup> great lakes. Dairy sheep symposium. November 2-4. Guelph, Ontario Canada.

Boyazoglu, J., Morand-Fehr, P. 2001. Mediterranean dairy sheep and goat products and their quality. A critical review. *Small Rumin. Res.* 40, 1–11.

Buxadé C. 1997. Ovino de leche. Aspectos claves. 2<sup>a</sup> Ed. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. Pp. 230-238.

Caja, G., Such, X., Xavier. Rovai, M., Molina, M. P., Fernández, N., Torres, A., Gallego, I. 2002. Aptitud al ordeño mecánico y morfología mamaria en ovino lechero. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina\\_leche/08-glandula.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_leche/08-glandula.pdf)

Caja, G., Such, X. 1999. Curso de actualización sobre ordeño mecánico de ovino y caprino. Seoc-UAB, Bellaterra, Barcelona. CD Rom.

Chilliard Y., Ferlay A., Faulconnier Y., Bonnet M., Rouel J., Bocquier F. 2000. Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* 59, 129-134.

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. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109, 828-855.

Chilliard, Y., Ferlay, A. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development* 44, 467-492.

Cuchillo, M., Puga, C., Navarro, A., Pérez-Gil, F. 2010. Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing, *Journal of Dairy Research*, 77,20-26.

De La Fuente, L., Barbosa, E., Carriedo, J., Gonzalo, C., Arenas, R., Fresno, J., Primitivo, F. 2009. Factors influencing variation of fatty acid content in ovine milk. *Journal of Dairy Science* 92, 3791-3799.

Desiderio, ALE. 2016. Producción láctea postdestete y características fisicoquímicas de la leche en ovejas Dorset, Kathadin y Hampshire. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis de licenciatura.

Escolar, E. 2016. Producción, composición y características de la leche y del queso de la oveja Guirra. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis doctoral.

Fadel, I., Owen, J.B., Kassem, R., Juha, H. 1989. A note on the milk composition of Awassi ewes. *Anim. Prod.* 48:606-610.

Falguera, V., Aliguer, N and Falguera, M. 2012. An integrated approach to current trends in food consumption: Moving toward functional and organic products. *Food Control.* 26(2): 274-281.

Fox, P.F; Mcsweeney, P.L.H. 2006. *Advanced dairy chemistry.* Volume 2. Lipids. 3°ed. Nueva York, EE. UU. Springer.

Gallardo, B. 2013. Utilización de diferentes fuentes lipídicas en la ración de ovejas churras en lactación: efecto sobre los rendimientos y calidad de los productos. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.

García, L., Mantecón, Á., Sepúlveda, W., Maza, M. 2012. Producción de leche ovina como alternativa de negocio agropecuario: modelo de producción en Castilla y León (España). Revista Mexicana de Agronegocios [en línea], (julio-diciembre). Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14123108007>> ISSN 1405-9282.

Gómez-Cortes, P., Bodas, R., Mantecón, A., De la Fuente, M., Manso, T. 2011. Milk composition and fatty acid profile of residual and available milk from ewes fed with diets supplemented with different vegetable oils. Small Rum. Res. 97, 72- 75.

Haenlein, G.F.W. 1996. Nutritional value of dairy products of ewes and goats' milk. Int. J. Anim. Sci. 11: 395-411.

Haenlein, G.F.W. 2001. Past, present, and future perspectives of small ruminant dairy research. J. Dairy Sci. 84:2097- 2115.

Hassan, H.A. 1995. Effects of crossing and environmental factors on production and some constituents of milk in Ossimi and Saidi sheep and their crosses with Chios. Small Rumin. Res. 18:165-172.

Hunter, T., Suster, D., DiGiacomo, K., Dunshea, F., Cummins, L., Egan, A., Leury, B. 2015. Milk production and body composition of single-bearing East Friesian x Romney and Border Leicester x Merino ewes. Small Ruminant Research, Volume 131, 123 – 129.

Jenkins T., Wallace R., Moate P., Mosley E. 2008. Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science* 86:397-412.

Kalyankar, S., Sarode, A., Khedkar, C., Deosarkar, S. Pawshe, R. 2016. *Sheep: Milk*. Elsevier. 758-763.

Lands, B. *Encyclopedia of Food and Health*. 2016. College Park, MD, USA. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00279-8>. Elsevier Ltd. All rights reserved.

Lombardi, G. 2005. Optimum management and quality pastures for sheep and goat in mountain areas. *Options Mediter.* A-67, 19–29.

López, AL., Barriga, D. 2016. *La leche, composición y características/ Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera*. 34 p. Sevilla, España. Formato digital (e-book) - (Tecnología, Postcosecha e Industria Agroalimentaria).

Lourenço M., Ramos-Morales E., Wallace R. 2010. The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. *Animal* 4, 1024-1036.

MAGRAMA. 2011. Programa de mejora de la raza ovina Assaf. <http://www.magrama.gob.es>.

Maia M., Chaudhary L., Figueres L., Wallace R. 2007. Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen. *Anton. Leeuw. Int. J. G.* 91, 303-314.

Pérez Rocha, MJ. 2010. Producción de leche de oveja y su valor agregado. Reunión del Comité Nacional del Sistema Producto Ovinos. 22 de noviembre 2010. D.F.

México.[http://spo.uno.org.mx/wpcontent/uploads/2011/07/jprm\\_producciondeleche\\_yvaloragregado.pdf](http://spo.uno.org.mx/wpcontent/uploads/2011/07/jprm_producciondeleche_yvaloragregado.pdf)

Moioli, B., Contarini, G., Pariset, L., Marchitelli C., Crisu, A., Catillo, G., Napolitano, F. 2012. Genetic variation of C18:1 and C18:2 isomers in sheep milk fat. *Small Rum. Res.* 103: 187-193.

Molina, A., Fernández, C., Vergara, H., Gallego, L. 1999. Efecto de las condiciones de ordeño sobre la producción, fraccionamiento y composición de la leche, y estado sanitario de la ubre en ovejas de raza manchega. *Arch. Zootec.* 48: 135- 146.

Molina, A., Garde, J., Gallego, L. 1996. Producción de leche en la oveja. En: Buxadé C. 1996. Producción ovina. Tomo VIII. Madrid, España. Ediciones Mundi- Prensa. Pp 241- 257.

Norma Oficial Mexicana. NOM-155 - SCFI – 2012. Leche, fórmula y producto lácteos combinado, denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. DOF15 marzo 2012.

Palmquist, D., Lock, A., Shingfield, K., Bauman, D. 2005. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. En: *Advances in food and nutrition research.* Vol. 50. (S Taylor, ed) pp. 179- 217. Elsevier Academic Press. San Diego (Estados Unidos).

Pariza, M., Park, Y., Cook M. 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Prog. Lipid Res.* 40, 283-298.

Park, Y., Juárez, M., Ramos, M and Haenlein, G. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research.* 68(1-2): 88-113.

Pellegrini, O., Remeuf, F., Rivemale, M., Barrilet, F. 1997. Renneting properties of milk from individual ewes; influence of genetic and non- genetic variables, and the relationship with physicochemical characteristics. *J. Dairy Res.*, 64: 335- 366.

Pérez, N., Días, G., Gutiérrez, R., Vega, S., Urbán, G., Prado, M., González, M., Ramirez, A., Pinto, M. 1998. Composición en ácidos grasos de la grasa de leches pasteurizadas mexicanas. *Vet. Méx.* 29 (4). 329- 335.

Raynal-Ljutovac, K., Logriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y. 2008. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Res.*, 79:57-72.

Recio I., De la Fuente M., Juárez M., Ramos M. 2009. Bioactive components of sheep milk. In: Park YW (ed.) *Bioactive Components in Milk and Dairy Products*. Fort Valley State University. Hardback, ISBN: 9780813819822.

Recio, I., De la Fuente, M., Juarez, M., Ramos, M. 2009. Bioactive components in sheep milk. In Y. W. Park. *Bioactive components in milk and dairy products* (pp 83-104). Wiley- Blackwell.

Shingfield K., Kairenius P., Arölä A., Paillard D., Muetzel S., Ahvenjärvi S., Vanhatalo A., Huhtanen P., Toivonen V., Griinari J., Wallace R. 2012. Dietary fish oil supplements modify ruminal biohydrogenation, alter the flow of fatty acids at the omasum, and induce changes in the ruminal *Butyrivibrio* population in lactating cows. *J. Nutr.* 142, 1437-1448.

Shingfield, K., Chilliard Y., Toivonen V., Kairenius P., Givens D. 2008. Trans fatty acids and bioactive lipids in ruminant milk. *Adv. Exp. Med. Biol.* 606, 3-65.

Signorelli, F., Contarini, G., Annicchiarico, G., Napolitano, F., Orru, L., Catillo, G., Haenlein, G., Moiola B. 2008. Breed differences in sheep milk fatty acid profiles:

opportunities for sustainable use of animal genetic resources. *Small Ruminant Res.* 78: 24- 31.

Sinanoglou, V., Koutsouli, P., Fotakis, C., Sotiropoulou, G., Cavouras, D., Bizelis, I. 2015. Assessment of lactation stage and breed effect on sheep milk fatty acid profile and lipid quality indices. *Dairy Sci. & Technol.* 95: 509- 531.

Tamime, A.Y., Wszolek, M., Božanić, R and Özer, B. 2011. Popular ovine and caprine fermented milks. *Small Ruminant Research.* 101(1-3): 2-16.

Tsiplakou, E., Kominakis, A., Zervas, G., 2008. The interaction between breed and diet on CLA and fatty acid content of milk of four sheep breeds kept indoor or at grass. *Small Ruminant Res.* 74, 179–187.

Treacher, T., Caja, G. 2002. Nutrition during lactation. In: M. Freer and H. Dove (eds). *Sheep Nutrition.* Cabi, Wallingford, U.K. p. 213- 236.

Veisseyre, R. 1988. *Lactología técnica. Composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche*, Traducido de la 3ª. Edición francesa por: Jesús Ventanas Barroso, Zaragoza, Acribia, 2ª. Ed. española, 1ª, Reimpresión, I.S.B.N. 84-200-0458-8

Vera, R., Aguilar, C., Lira, R. 2009. Differentiation of sheep milk and cheese based on quality and composition. *Ciencia e Investigación Agraria.* 36 (3). 207- 328.