# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
# SEDE QUITO

**CARRERA:**
**INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**
**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

**TEMA:**
**IDENTIFICACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS PRESENTES EN LA LECHE DE CABRA *(Capra hircus*), MEDIANTE EL MÉTODO DE CROMATOGRAFÍA GASEOSA ACOPLADA A MASAS.**

**AUTORA:**
**FERNANDA ISABEL RODRÍGUEZ CAMUENDO**

**TUTOR:**
**ING. NELSON JANSS BELTRÁN GALLARDO**

**Quito, marzo del 2017**

**Cesión de derechos de autor**

Yo Fernanda Isabel Rodríguez Camuendo, con documento de identificación N° 1721783080, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: "Identificación de los ácidos grasos presentes en la leche de Cabra *(Capra hircus)*, mediante el método de cromatografía gaseosa acoplada a masas", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Nombre: Fernanda Isabel Rodríguez Camuendo

Cédula: 1721783080

Quito, enero del 2017

**Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación, Identificación de los ácidos grasos presentes en la leche de Cabra *(Capra hircus)*, mediante el método de cromatografía gaseosa acoplada a masas, realizado por Fernanda Isabel Rodríguez Camuendo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, enero del 2017

Nelson Janss Beltrán Gallardo

Cédula de identidad: 1708521867

## Dedicatoria

A Dios, por guiarme y permitirme la culminación de mi carrera.

A mis padres Carlos y Patricia, por ser mi mayor apoyo en todo este tiempo, principalmente a mi madre por ser más que una madre una amiga que con su esfuerzo dedicación y amor ha logrado todo lo que hoy soy.

A mi hermano, por darme momentos de felicidad y constante motivación mirando en ti como un ejemplo a quien seguir y aprender a luchar por mis seres queridos.

A mi novio Richard, por ser mi pilar compañero inseparable en mis momentos de decline y cansancio

**Agradecimiento**

A mi tutor, Ing. Janss Beltrán por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También debo agradecer a mi profesor el Dr. Paco Noriega, quien fue un colaborador muy importante para lograr el desarrollo de mis ideas por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta tesis.

# Índice

Capítulo 1 ..... 5

Marco conceptual ..... 5

1.1 Cabras generalidades ..... 5

1.2 Leche de cabra ..... 6

1.3 Composición de la leche de cabra ..... 6

1.3.1. Características organolépticas ..... 6

1.3.2. Características químicas ..... 6

1.4 Ácidos grasos ..... 7

1.4.1. Clasificación ..... 8

1.4.2. Ácidos grasos saturados ..... 9

1.4.3. Ácidos grasos insaturados ..... 9

1.5 Importancia de los ácidos grasos en la nutrición humana ..... 10

1.6 Ácidos grasos en la leche de cabra ..... 11

1.7 Métodos para separar e identificar ácidos grasos ..... 11

1.8 Metilación de ácidos grasos ..... 12

1.9 Cromatografía gaseosa ..... 12

Capítulo 2 ..... 14

Materiales y métodos ..... 14

2.1. Trabajo de campo ..... 14

2.1.1. Factores en estudio ..... 14

2.1.2. Toma de muestras de leche de cabra para el análisis de ácidos grasos 15

2.1.3. Toma de muestras de leche de vaca para el análisis de ácidos grasos . 15

2.2 Trabajo en laboratorio. ..... 15

2.2.1. Extracción de la fracción grasa de la leche ..... 15

2.2.2. Identificación y cuantificación de los ácidos grasos ..... 16

2.2.3. Análisis estadístico ..... 17

Capítulo 3 ..... 18

Resultados y Discusión ..... 18

3.1 Ácidos grasos: presencia y cantidad ..... 18

3.2 Ácidos grasos y periodo de lactancia ..... 22

3.3 Ácidos grasos y edad ..... 23

3.4 Ácidos grasos en cabra y vaca ..... 23

Conclusiones ..... 27

Bibliografía ..... 29

Anexos ..... 35

## Índice de tablas

Tabla 1. Precios de venta de leche cruda en varios países de América y Europa ..... 2

Tabla 2 Factores en estudio “edad” y “periodo de lactancia” ..... 14

Tabla 3 Condiciones de la columna ..... 17

Tabla 4 Ácidos grasos encontrados de los análisis de la muestra de 30 cabras ..... 19

Tabla 5 Análisis de varianza ácidos grasos y periodo de lactancia..... 24

Tabla 6. Análisis de varianza ácidos grasos y periodo de lactancia..... 24

Tabla 7 Ácidos grasos presentes en leche de cabra y leche de vaca……25

## Índice de figuras

Figura 1 Porcentaje de ácidos grasos encontrados en leche de cabra. ..... 20

## Índice de Anexos

Anexo 1. Fotografías de campo ..... 35

Anexo 2. Trabajo de laboratorio ..... 36

Anexo 3. Perfil de ácidos grasos ..... 38

Anexo 4. Códigos de cabras y periodos de lactancia ..... 39

Anexo 5. Códigos de cabras y edades ..... 40

**Resumen**

El objetivo del presente trabajo fue identificar y cuantificar los ácidos grasos presentes en la leche de cabra mediante cromatografía de gases acoplado a masas y determinar la influencia que sobre éstos puede tener el periodo de lactancia y la edad de los animales, para lo cual se muestreo 30 cabras de la raza Saanen de la hacienda La Pampilla, ubicada en la parroquia Yaruqui del cantón Quito al norte de la provincia de Pichincha.

Los datos fueron analizados bajo un DCA (diseño completamente al azar) con 10 repeticiones para el factor en estudio periodos de lactancia y 5 repeticiones para el factor en estudio edad.

Dieciséis fueron los ácidos grasos encontrados con los porcentajes mostrados a continuación, que corresponden al promedio de una muestra de 30 cabras: hexanoico 0,48%, octanoico 0,82%, decanoico 4,86%, dodecanoico 3,37%, tetradecanoico 9,88%, pentadecenoico 1,09%, 9 hexadecenoico 0,91%, hexadecanoico 25,59%, heptadecanoico 0,53%, 8-11 octadecanodioico 2,28%, 9 octadecenoico 25,45%, 8-octadecenoico 0,53%, 11 octadecenoico 3,36%, 9-12 octadecanoico 15,04%, 9-12-15 octadecanotrienoico 1,31%, eicosanoico 0,17%.

Los análisis de varianza determinaron que los factores en estudio edad y periodo de lactancia no están relacionados con los ácidos grasos encontrados, sin embargo la presencia de ácidos grasos insaturados que son beneficiosos para la salud le hacen a la leche de cabra atractiva para el consumo humano entre los cuales se encuentran el ácido oleico y linoleico, además que existen en mayor cantidad con respecto a la leche de vaca (*Bos taurus*).

**Palabras clave:** Leche de cabra, ácidos grasos insaturados, ácido oleico, ácido linoleico.

## Abstract

The objective of the present work was to identify and quantify the fatty acids present in goat's milk by gas chromatography coupled to masses and to determine the influence that the lactation period and the age of the animals can have on them, for which 30 goats were of the Saanen breed were sampled of the La Pampilla farm, located in the Yaruqui parish of the Quito canton in the north of the province of Pichincha.

Data were analyzed under a DCA (completely randomized design) with 10 replicates for the factor under study lactation periods and 5 replicates for the factor under study age.

Sixteen fatty acids were found with the following participation percentages: hexane 0.48%, octanoic 0.82%, decanoic 4.86%, dodecanoic 3.37%, tetradecanoic 9.88%, pentadecenoic 1.09%, 9 hexadecenoic 0.91%, hexadecanoic 25.59%, heptadecanoic 0.53%, 8-11 octadecanedioic 2.28%, 9 octadecenoic 25.45%, 8-octadecenoic 0.53%, 11 octadecenoic 3.36%, 9 -12 octadecanoic acid 15.04%, 9-12-15 octadecanetrienoic acid 1.31%, eicosanoic acid 0.17%.

Variance analysis determined that the factors studied, age and lactation period are not related to the fatty acids found, however the presence of unsaturated fatty acids that are beneficial to health make it attractive for human health such as Oleic acid and linoleic acid, in addition they exist in greater quantity regarding the cow milk.


**Key words:** goat's milk, unsaturated fatty acids, oleic acid, linoleic acid.

# Introducción

A pesar de que el Ecuador se ha caracterizado por ser un país con una gran diversidad de cultivos, actualmente la superficie dedicada a éstos cuyo objetivo es la alimentación de la población ha sido reemplazada por pastos cultivados destinados a la ganadería, como lo muestran los datos generados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Según esta institución pública la superficie destinada la producción de cultivos transitorios ha disminuido aproximadamente en un 40% en un periodo de 12 años (INEC, 2012). En el año 2000 existían 545 mil hectáreas con especies destinadas a la producción de alimentos de consumo diario y para el año 2012 disminuyó a 351 mil hectáreas, superficie reemplazada por la producción de biomasa destinada a la alimentación de bovinos principalmente.

La tendencia a incrementar la producción de pastos cultivados en el Ecuador tiene dos factores de origen, el económico en términos de ingresos netos y el económico en términos de tiempo de flujo.

En el Ecuador mediante el acuerdo interministerial 394 suscrito por los ministerios de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP), Salud Pública (SP) e Industrias y Productividad (MIPRO), publicado el 25 de abril del 2013, se fija una tabla de pago de litro de leche por calidad (MAGAP, 2013).

Ésta tabla inicia con un precio de 42 centavos de dólar para una calidad mínima y puede llegar a valores sobre los 50 centavos de dólar en base a incrementos en los diferentes parámetros composicionales e higiénicos.

Esta situación ubica a la ganadería en mejores condiciones que la actividad agrícola, que adolece de cambios extremadamente bruscos de precios en periodos muy cortos de tiempo, lo que ha provocado su abandono progresivo.

Con respecto al tiempo de flujo de los recursos económicos la dinámica misma del negocio de la leche ha generado un sistema de pago cada 15 días (MAGAP, 2013), lo que nuevamente le proporciona una ventaja frente a la actividad agrícola destinada a la producción de alimentos de consumo humano cuyos costos de producción con su respectiva ganancia, en los casos que existiera, son recuperados al final del ciclo productivo.

Si a todo esto se le suma los altos costo de producción que mantiene la actividad lechera en el Ecuador y la gran diferencia de precios con respecto a otros países de la región, se identifica una posición crítica en términos de competitividad.

Según la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN) el precio de litro de leche cruda de países de América como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Uruguay y Estados Unidos y de Europa como Francia, están por debajo del precio oficial de 42 centavos de dólar pagado en el Ecuador (tabla 1).

Tabla 1.

Precios de venta de leche cruda en varios países de América y Europa.

| FECHA | ARGENTINA | BRASIL | CHILE | COLOMBIA | ESTADOS UNIDOS | FRANCIA | URUGUAY |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (dólares por litro) | | | | | | |
| OCTUBRE 2014 | 0,375 | 0,437 | 0,380 | 0,450 | 0,552 | 0,478 | 0,381 |
| NOVIEMBRE 2014 | 0,382 | 0,403 | 0,370 | 0,431 | 0,549 | 0,444 | 0,382 |
| DICIEMBRE 2014 | 0,377 | 0,372 | 0,360 | 0,392 | 0,514 | 0,425 | 0,376 |
| ENERO 2015 | 0,369 | 0,352 | 0,330 | 0,385 | 0,424 | 0,385 | 0,369 |
| FEBRERO 2015 | 0,375 | 0,328 | 0,330 | 0,379 | 0,370 | 0,369 | 0,373 |
| MARZO 2015 | 0,368 | 0,300 | 0,340 | 0,354 | 0,355 | 0,326 | 0,361 |

Nota: Federación Colombiana de Ganaderos (http://www.fedegan.org.co/estadisticas/precios). 2015.

Por lo expuesto es necesario buscar alternativas que sean más rentables y que nutricionalmente aporten lo mismo que la leche de origen bovino, y una de ellas es la leche de cabra.

El estudio de la leche de cabra en estos tiempos genera mucha expectativa no solo por lo expresado anteriormente, sino también por el hecho de las referencias que existen actualmente sobre su excelente composición química y nutricional además de su aparente bajo nivel alergénico en comparación con la leche de vaca (Chacón, 2005). Información que no es concluyente para el Ecuador.

En Ecuador existe un bajo consumo per cápita de leche de origen bovino, atribuido a la intolerancia de la proteína (Plaza, 2013), lo que se podría solucionar con la oferta de otras fuentes de leche, como la caprina por ejemplo (ANDES, 2014).

El enfoque principal de esta investigación es identificar los ácidos grasos presentes en la leche de cabra, debido a la importancia que estos tienen en la nutrición, así como por el interés médico que despierta ya que aportan más del 50% de energía para realizar el metabolismo necesario en las actividades diarias (FAO, 2010), también participan en procesos como la regulación de la presión arterial, función renal, función inmunitaria, contracción del útero, coagulación de la sangre, participación en el proceso inflamatorio y en la respuesta alérgica, sin olvidar su mejor capacidad de absorción en comparación con la leche de vaca (Uauy & Olivares, 2011). Además a la leche de cabra se le atribuyen propiedades anticancerígenas dados sus contenidos de Coenzima Q y ácido linoleico conjugado (CASTRO, 2005).

Investigaciones anteriores como las realizadas por Schettino, Pérez & Gutierrez (2011) confirman la presencia de ácidos grasos de C4 a C22 en la leche de cabra, siendo el palmítico y oleico los que representan mayores porcentajes y capaces de soportar los procesos de esterificación. Otra investigación que corrobora lo anteriormente escrito afirma que los ácidos grasos están íntimamente relacionados con la intolerancia a la leche por lo que demuestra que a mayor cantidad de ácidos como

el mirístico disminuye el metabolismo en el hígado para procesar grasas, provocando que la intolerancia a lactosa aumente (Sanz, 2007).

Por todo lo expuesto el objetivo general de esta investigación fue Identificar los ácidos grasos presentes en la leche de Cabra *(Capra hircus*), en función de los parámetros productivos edad y periodo de lactancia, mediante el método de cromatografía gaseosa acoplada a masas. Y cómo objetivos específicos se plantearon: Identificar los ácidos grasos presentes en la leche de cabra *(Capra hircus*) en función del parámetro productivo edad. Identificar los ácidos grasos presentes en la leche de cabra *(Capra hircus*) en función del parámetro productivo periodo de lactancia y realizar un estudio comparativo de los ácidos grasos presentes en la leche de cabra *(Capra hircus*) en relación a la de vaca *(Bos taurus*).

# Capítulo 1

# Marco conceptual

## 1.1 Cabras generalidades

Las cabras *(Capra hircus)* se encuentran extendidas en la mayoría de hábitats montañosos del planeta y son el resultado de numerosos cruzamientos estructurados. Existen ejemplares de distinto tamaño, conformación y pelaje, esto se debe a la variedad de razas que se ha logrado obtener en la actualidad (De Géa, 2006) buscando mejorar sus niveles de producción de leche o de carne. Las razas más comunes son; anglo nubian, toggenburg, saanen, cashmere, cabra criolla (Contreras, Meneses, & Rojas , 2001).

Las cabras de raza Saanen que fueron las involucradas en la investigación, se encuentran distribuidas en la actualidad en ecosistemas montañosos de todo el mundo, pese a que son originarias de los valles montañosos de Suiza lugar de donde toman su nombre Saáne (Vives & Baraza, 2010).

Las Saanen son animales que presentan tonos de blancos a cremas, de piel fina, pelaje corto, cuerpo delgado con aspecto huesudo y mucosas rosadas, tanto hembras como machos no poseen cuernos, por lo que son dóciles de carácter y fáciles de ordeñar, tanto manual como mecánicamente. Su tamaño es variable dependiendo del hábitat donde se desarrollen, por lo general miden de 70 a 90 cm., y pesan entre 60 a 75 Kg. (Gioffredo & Petrina , 2010).

La principal característica de esta raza es poseer mayores índices de producción de leche, ya que se registran de 600 a 1000 litros por lactancia con un contenido de grasa

medio de 3,5% (Contreras, Meneses, & Rojas , 2001). La lactancia de esta raza puede llegar hasta un promedio de 260 días (Dickson, Torres , & García , 2008)

## 1.2 Leche de cabra

La leche caprina se diferencia de la leche de otros mamíferos por su composición química que presenta mayores porcentajes de proteína y grasa (Bedoya , Rosero , & Posada, 2010), además de que se ha comprobado que la digestión en las personas es mucho mejor que la de las otras especies, sin embargo, es importante recalcar que esto también depende de factores externos como son el clima donde se desarrolla la cabra y su alimentación.

## 1.3 Composición de la leche de cabra

### 1.3.1. Características organolépticas

La leche de cabra difiere de las otras especies desde su color ya que es más blanca que incluso la leche de vaca, además presenta un olor fuerte que es propio de la presencia de compuestos aromáticos y su sabor característico se debe a los ácidos grasos que posee (Boza & Sampelayo, 2001).

### 1.3.2. Características químicas

La leche de cabra, al igual que la del resto de los mamíferos, es la mayor fuente de calcio que podemos consumir, pero también contiene minerales como hierro, cobre, cobalto, magnesio, cloro, fósforo, selenio (Chacón, 2005). Presenta un alto contenido

de vitaminas como E, A, B, ácido fólico y aminoácidos; además la cantidad de lactosa es bajo en relación a la leche de vaca (Richardson, 2004).

En lo que respecta al contenido de ácidos grasos y grasa es importante recalcar que la leche de cabra presenta mayor contenido de grasa con alto valor nutricional que carbohidratos, además que los glóbulos grasos que presenta son más grandes que los presentes en leche de vaca lo que se considera responsable de obtener una mejor digestibilidad (Alais, 1988). Los ácidos grasos que se han encontrado con mayor incidencia en la leche de cabra son los de cadena media (C6-C14) (Boza & Sampelayo, 2001).

La leche de cabra es muy importante para la dieta de los niños y las mujeres embarazadas y en periodo de lactancia ya que proporciona la proteína necesaria (CAPRA, 2005). Una de las proteínas importantes en la leche de cabra es la caseína, que es la responsable de volverla más digerible al momento de su consumo por presentarse en menor cantidad y por la presencia de sus pequeñas miselas (fosfoproteínas) ya que se afirma que si se compara la leche de vaca con la de cabra en este aspecto, es más beneficioso que las miselas sean más pequeñas para mejorar la digestibilidad e incluso obtener una mejor calidad en la coagulación de quesos todo esto se le atribuye a las inmunoglobulinas, presentes en la leche de cabra (Salvador & Martínez, 2007).

### 1.4 Ácidos grasos

Los ácidos grasos se los conoce como ácidos orgánicos, presentan un grupo carboxilo y una cadena hidrocarbonada, pueden tener en su estructura desde 4 a 36 átomos de carbono, de esta disposición de carbonos deriva el nombre de cada uno de ellos (Stryer,

Berg , & Tymoczko, 2013), las cadenas pueden presentar disposición lineal o en zig-zag (Odent, 1991).

Las propiedades de los ácidos grasos dependen de la cantidad de carbonos en su cadena y de la presencia o ausencia de dobles enlaces en su estructura química, ya que existen ácidos en dónde sus puntos de fusión son más bajos pese a poseer una cadena larga de carbonos, pero esto ocurre por la localización de sus dobles enlaces (Stryer, Berg , & Tymoczko, 2013).

### 1.4.1. Clasificación

Los ácidos grasos pertenecen al grupo de biomoléculas denominadas lípidos, por ser sustancias insolubles en agua y solubles en compuestos orgánicos, siendo los más comunes los triglicéridos dentro de estos se encuentran abarcados las grasas y aceites (Nelson & Cox, 2015).

Se pueden clasificar a los ácidos grasos en función de del número de carbonos que se presenten en su cadena, siendo corta, media, larga. Los ácidos grasos de cadena corta, presentan entre uno y seis átomos de carbono saturados, son hidrofílicos y son utilizados como fuente de energía en mamíferos (Ros, Martínez, & Valencia , 2011). Los de cadena media son aquellos que presentan entre seis y doce átomos de carbono, siendo los más comunes los ácidos, cáprico, caproico C6 y caprílico C8, estos se metabolizan rápidamente para ser utilizados como energía, por lo que no se almacenan como grasa (Pérez J. , 2010). Mientras que los ácidos grasos de cadena larga, son aquellos que van del C13 en adelante, estos generalmente se acumulan en forma de grasa en el organismo, ocasionando problemas en la salud. También se los puede

clasificar dependiendo de la presencia o ausencia de dobles enlaces; siendo ácidos grasos saturados e insaturados.

### 1.4.2. Ácidos grasos saturados

Se caracterizan por qué presentan una cadena completamente saturada de hidrógenos, de manera tal que no existen en sus cadenas dobles enlaces, son más estables (Díaz Zagoya, 2007), como por ejemplo el ácido esteárico C18 y palmítico C16, que son producto del aceite de palma. Se conoce que los ácidos grasos saturados son los causantes de aumentar el colesterol en la sangre ocasionando enfermedades cardiovasculares, arterosclerosis, dislipidemias, etc. (Hoyos, 2009).

### 1.4.3. Ácidos grasos insaturados

Los ácidos grasos insaturados, se caracterizan por que en su estructura presentan dobles enlaces, por lo cual es una cadena no rígida, pero tienden hacer más inestables, pueden ser de dos tipos: monoinsaturados y poliinsaturados (Ortega, Pérez, Bulto, & Matin, 2010); como por ejemplo los ácidos oleico (18C con un doble enlace) y linoleico (18C con dos dobles enlaces), según Díaz (2007) los ácidos grasos más importantes desde el punto de vista biológico son aquellos que presentan números pares de carbonos en su estructura lineal. Dependiendo de su isometría geométrica también pueden ser cis o trans (Hoyos, 2009).

#### 1.4.3.1. Ácidos grasos monoinsaturados

Presentan generalmente un doble enlace en el carbono nueve, se encuentran principalmente en alimentos de origen animal, por lo que eliminan el colesterol malo y aumentan el colesterol bueno, de esta manera se ha comprobado que se pueden prevenir enfermedades cardiovasculares, siendo el ejemplo más común el ácido oleico(18) (Hoyos, 2009).

#### 1.4.3.2. Ácidos grasos poliinsaturados

Se caracterizan porque presentan sus dobles enlaces en los primeros carbonos y su posición son intercalados (Ortega, Pérez, Bulto, & Matin, 2010), por lo cual son más fáciles de sintetizar de las dietas diarias de las personas, también ayudan a prevenir enfermedades que aquejan al corazón y regular la presión arterial; siendo los más importantes el omega 3 y 6, que son el ácido alfa linoleico y el ácido araquidónico respectivamente (Hoyos, 2009).

## 1.5 Importancia de los ácidos grasos en la nutrición humana

En la actualidad se conocen varios de los beneficios de los ácidos grasos al igual que las demás biomoléculas, pero es importante recalcar que presentan funciones opuestas. Los ácidos grasos en la nutrición humana son indispensables desde los primeros años de vida, ya que representan la primera fuente de energía e intervienen directamente en el crecimiento y físico, desarrollo del sistema nervioso, formación de órganos y fabricación de prostaglandinas. Sin embargo aquellos ácidos grasos que no pueden ser sintetizados en el organismo se termina convirtiendo en tejido graso, por lo que es necesaria la actividad física (Uauy & Olivares, 2011). Los ácidos grasos más comunes

de encontrar son aquellos que presentan entre 14 y 22 átomos de carbono, los saturados más comunes son palmítico y esteárico, mientras que entre los insaturados se encuentra el oleico (Díaz Zagoya, 2007).

### 1.6 Ácidos grasos en la leche de cabra

En la leche de cabra, se destaca la presencia de ácidos grasos de cadena mediana y larga, siendo los ácidos grasos saturados como laúrico, mirístico, palmítico y esteárico los que se encuentran en mayor proporción (Martinez, Gómez, & Pérez, 2013), los cuales son perjudiciales para la salud, pero si estos llegan a unirse al ácido esteárico se transforman en grasa monoinsaturada la misma que si es beneficiosa desde el punto de vista de la salud humana, (Infante, Tormo , & Conde, 2016). Como es el caso del ácido oleico, linoleico que son ácidos grasos monoinsaturados y se ha comprobado que tienen grandes beneficios sobre la salud tanto nivel de sistema nervioso como circular e incluso en efectos anticancerígenos (Haro, Reyes, & Cabrera, 2006).

Otros de los ácidos grasos que son importantes en leche de cabra son los de 6, 8 y 10 carbonos (caprónico, caprílico y caprico), que a más de olor y sabor de la leche también se les atribuye su capacidad para disminuir los depósitos de colesterol y de otorgarle mayor capacidad antifúngica y antibacteriana (Lorenzana, Gutierrez, Corona, & Martínez , 2016), evento que no sucede cuando se consume leche de vaca. (Montoya, García , & Barahona, 2015).

### 1.7 Métodos para separar e identificar ácidos grasos

Una de las propiedades de los ácidos grasos es su solubilidad en solventes orgánicos y su poca solubilidad en agua, la razón por la que son solubles en solventes orgánicos es

por la naturaleza de los mismos de crear una interfaz lípido/agua, permitiendo de esta manera la identificación de los compuestos orgánicos, mediante metodologías como la cromatografía (Díaz Zagoya, 2007). Lo que se espera en la cromatografía es la migración de dobles enlaces, fragmentando de esta manera los electrones presentes en cada molécula (Nelson & Cox, 2015).

### 1.8 Metilación de ácidos grasos

La metilación de ácidos grasos consiste en cambiar la volatilidad de las cadenas que contienen más de seis átomos de carbono en su estructura química, ya que no son suficientemente volátiles y son altamente apolares, lo que ocasiona dificultad para que las muestras puedan ser analizadas mediante la técnica de cromatografía gaseosa (Noboa, 2009). Es por eso que es necesaria la metilación para lograr añadir un grupo metilo en la molécula de interés proporcionando mayor volatilidad y menor polaridad.

### 1.9 Cromatografía gaseosa

Es una técnica que permite la separación de compuestos orgánicos volátiles entre sí dependiendo de sus puntos de ebullición (Lopez, 2010), basándose en la distribución del compuesto entre una fase móvil y una estacionaria; la fase móvil puede ser un líquido o un gas, generalmente se utiliza un gas inerte que es el encargado de arrastrar los componentes menos solubles que no son de interés (Nelson & Cox, 2015), mientas que la fase estacionaria puede ser un sólido o líquido, generalmente un disolvente orgánico (Lopez, 2010). El objetivo de esta técnica es conseguir un equilibrio entre las dos fases en un tiempo determinado por cada uno de los compuestos que se encuentran

en cada muestra y este es el tiempo de retención; en función del tiempo de retención se puede cuantificar el porcentaje de ácidos grasos que se encuentra en cada muestra.

La cromatografía gaseosa capilar fue la técnica específica que se utilizó para la identificación de ácidos grasos, esta se característica porque se utilizan columnas tubulares que permiten la separación de mezclas muy complejas o muy volátiles y presenta varias ventajas, como por ejemplo la selección de las fases estacionarias, facilidad al momento de la inyección, el volumen de muestra que se desea inyectar es bajo en comparación con el uso de distintas columnas como son las empaquetadas. El tipo de inyección que se utiliza para la cromatografía gaseosa capilar consiste en inyección con división de muestra, conocida también como “inyección split”, esta permite la división del flujo de gas en dos fracciones con la finalidad de evitar pérdidas al momento de la inyección (González, Marrero, Sierra , & Velasquez, 2008).

# Capítulo 2

# Materiales y métodos

## 2.1. Trabajo de campo

El trabajo en campo se realizó en la empresa la Pampilla de Yaruquí dedicada a la producción de leche de cabra de la raza saanen y ubicada en la parroquia Yaruquí del Cantón Quito al norte de la provincia de Pichincha. Se encuentra a una altitud de 2527msnm y presenta una temperatura anual promedio de 14ºC, con humedad relativa de 86.1% y precipitación media mensual de 0.4 a 29.4 mm (GAD Parroquial de Yaruquí, 2014).

### 2.1.1. Factores en estudio

Los factores en estudio que fueron considerados para la identificación de los ácidos grasos presentes en la leche corresponden a los parámetros "edad" y "periodo de lactancia". Los niveles de cada uno de estos se muestran en la tabla 2.

Tabla 2

Factores en estudio "edad" y "periodo de lactancia"

| FACTOR EN ESTUDIO | NIVELES DEL FACTOR EN ESTUDIO | |
|---|---|---|
| PERIODO DE LACTANCIA | 1 | 1 a 100 días |
| | 2 | 101 a 200 días |
| | 3 | > 200 días |
| EDAD | 1 | 510 a 930 días |
| | 2 | 931 a 1350 días |
| | 3 | 1351 a 1770 días |
| | 4 | 1771 a 2190 días |
| | 5 | >2190 días |

Nota: Elaborado por: La autora (2017).

### 2.1.2. Toma de muestras de leche de cabra para el análisis de ácidos grasos

Para la toma de muestras los animales fueron agrupados por tercios de lactancia y edad. Se tomó 3 muestras por cada periodo de lactancia y tres por cada nivel de edad en frascos de 40 ml por animal.

Posteriormente se transportó en un recipiente refrigerado a 4ºC al Laboratorio de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana, para la determinación de las variables, presencia y porcentaje de ácidos grasos.

### 2.1.3. Toma de muestras de leche de vaca para el análisis de ácidos grasos

Para el estudio comparativo de los ácidos grasos presentes en la leche de cabra *(Capra hircus*) en relación a la de vaca *(Bos taurus*), se tomaron muestras de 10 vacas en el cantón Mejía en la provincia de Pichincha de la raza Holstein sin ningún tipo de discriminación, en frascos de 40 mL por animal, preparados para recolección de leche por el laboratorio de Calidad de Leche de la UPS. Para el trasporte al Laboratorio de Ciencias de la Vida de la UPS se colocó las muestras en un recipiente refrigerado a 4ºC dónde se determinó la presencia y porcentaje de los ácidos grasos.

## 2.2 Trabajo en laboratorio.

### 2.2.1. Extracción de la fracción grasa de la leche

La separación de la fracción grasa de la leche, se la realizó basándose en el procedimiento descrito por Martínez, Gómez & Pérez (2013), que consistió en una doble centrifugación, la primera centrifugación se la realizó a 2700 rpm durante 20

minutos, y se tomó la fracción grasa para pasarlas a tubos eppendorff de 2 mL, posteriormente se llevó las muestras a una segunda centrifugación durante 20 minutos a 20000 rpm, con la finalidad de separar la fracción no grasa. La fracción grasa se depositó en frascos ámbar de 2ml, los mismos que se refrigeró a -20ºC, para el análisis de los ácidos grasos.

### 2.2.2. Identificación y cuantificación de los ácidos grasos

Los ácidos grasos que se encontraban en la fracción grasa sufrieron un proceso de derivatización química mediante la metilación de los ésteres metílicos, para lo cual se utilizó una solución metanólica de $H_2SO_4$ 1M, logrando la separación de moléculas de distinta polaridad que no son parte de nuestro estudio. Posterior a esto se introdujo las muestras en una estufa a 80ºC durante dos horas. Una vez frías las muestras se añadió 5mL de hexano, el sobrenadante que resulto fue inyectado en el cromatógrafo de gases (Ascención , 2012).

Para realizar el perfil y el contenido de los ácidos grasos se utilizó la técnica de cromatografía gaseosa acoplada a masas, con el equipo marca GC VARIAN 3900 acoplado a un MS – VARIAN - SATURN 2100, para lo cual se inyectó 2ul de la muestra anteriormente procesada de cada una de las muestras antes mencionadas. Cómo fase móvil se utilizó el gas de helio y el tiempo para el análisis de cada muestra fue de 40 minutos. El tipo de columna utilizada fue una columna capilar, marca VARIAN FACTOR FOUR, tipo DB50 de 30m, con un flujo de 1ml por minuto y un tiempo de estabilización de 2 minutos. Condiciones adicionales a la columna se muestran en la tabla 3.

Tabla 3

Condiciones de la columna

| **T $^{O}$C** | **RAMPA ($^{O}$C /min)** | **HOLD (min)** | **TOTAL (min)** |
|---|---|---|---|
| 80 | | 2.00 | 2.00 |
| 150 | 5.0 | 0.00 | 16.00 |
| 280 | 6.0 | 2.33 | 40.00 |

Nota: Elaborado por: La autora (2017).

**Condiciones del espectrómetro de masas**

**Rango de masas:** 40 m/z a 650 m/z

**Energía de ionización:** 70 electrón – voltios.

**Emisión de corriente:** 10 micro amp.

### 2.2.3. Análisis estadístico

Para analizar la información se utilizó un diseño completamente al azar con 10 repeticiones para el factor en estudio periodos de lactancia y 5 repeticiones para el factor en estudio edad. Para los dos casos se utilizó la prueba de separación de medias Duncan al 5 %.

# Capítulo 3
# Resultados y Discusión

## 3.1 Ácidos grasos: presencia y cantidad

16 fueron el total de ácidos grasos encontrados de los análisis de la muestra de 30 cabras, cuya identificación y contenido se muestran en la tabla 4.

Los promedios muestran que los ácidos grasos que más presencia tienen son el hexadecanoico (ácido palmítico), 9-octadecenoico (ácido oleico), 9-12 octadecanoico (ácido linoleico), tetradecanoico (ácido mirístico) y el decanoico (ácido cáprico) con 25,59%, 25,45%, 15,04%, 9,88% y 4,86% respectivamente. Los que se encuentran en menor cantidad son los ácidos eicosanoico (ácido araquídico), hexanoico (ácido caprónico), heptadecanoico (ácido margárico), 8-octadecenoico (ácido esteárico) y octanoico (ácido caprílico) con porcentajes de 0,17%, 0,48%, 0,53%, 0,53% y 0,82%. Finalmente los ácidos que se presentan en un porcentaje ni muy alto ni muy bajo son dodecanoico (ácido laurico), pentadecenoico, 9-hexadecenoico (ácido palmitoleico), 8-11 octadecanodioico, 11 octadecenoico, 9 12 15 octadecanotrienoico (ácido α-linolenico) con porcentajes de 3,37%, 1,09%, 0,91%, 2,28%, 3,36% y 1,31% respectivamente (figura 1).

Tabla 4

Ácidos grasos encontrados de los análisis de la muestra de 30 cabras

| NOMBRE CIENTÍFICO | Ácido hexanoico | Ácido octanoico | Ácido decanoico | Ácido dodecanoico | Ácido tetradecanoico | Ácido pentadecenoico | Ácido 9-hexadecenoico | Ácido hexadecanoico | Ácido heptadecanoico | Ácido 8,11 octadecanodioico | Ácido 9-octadecenoico | Ácido 8-octadecenoico | Ácido 11-octadecenoico | Ácido 9-12 octadecanoico | Ácido 9 12 15 octadecanotrienoico | Ácido eicosanoico |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NOMBRE COMÚN | Ácido caprónico | Ácido caprílico | Ácido cáprico | Ácido laurico | Ácido mirístico | | Ácido palmitoleico | Ácido palmítico | Ácido margárico | | Ácido oleico | Ácido esteárico | | Ácido linoleico | Ácido α- linolenico | Ácido araquídico |
| CÒDIGO CABRA | CONTENIDO (%) | | | | | | | | | | | | | | | |
| E01 | 0,481 | 0,857 | 3,646 | 2,203 | 8,302 | 0,615 | 0,777 | 25,647 | 0,408 | 2,788 | 26,267 | 0,882 | 3,096 | 13,647 | 2,168 | 0,104 |
| D93 | 0,555 | 1,277 | 6,022 | 3,808 | 9,449 | 0,610 | 1,627 | 24,570 | 1 | 2,209 | 24,544 | 0,000 | 3,593 | 18,474 | 0,966 | 0,605 |
| D97 | 0,767 | 0,000 | 5,570 | 3,926 | 11,325 | 1,669 | 0,000 | 27,621 | 0 | 2,828 | 28,276 | 0,000 | 3,181 | 12,324 | 2,512 | 0,000 |
| C82 | 0,103 | 0,000 | 3,681 | 0,404 | 10,140 | 1,803 | 2,615 | 28,314 | 0 | 0,225 | 27,316 | 0,000 | 2,517 | 15,312 | 0,995 | 0,000 |
| E24 | 0,307 | 0,841 | 4,099 | 2,993 | 8,797 | 1,282 | 0,635 | 28,756 | 0,972 | 2,948 | 25,812 | 0,305 | 3,830 | 17,401 | 0,913 | 0,000 |
| D46 | 0,399 | 0,916 | 3,822 | 2,733 | 7,334 | 0,549 | 1,290 | 25,974 | 0,446 | 1,414 | 22,434 | 1,507 | 4,334 | 17,845 | 0,000 | 0,000 |
| D6 | 0,761 | 1,148 | 4,981 | 3,369 | 10,316 | 1,279 | 1,315 | 21,934 | 0,724 | 3,054 | 25,684 | 1,411 | 4,172 | 16,266 | 1,397 | 0,000 |
| D53 | 0 | 0,000 | 6,339 | 4,809 | 13,572 | 0,000 | 0,000 | 27,607 | 0 | 3,090 | 28,921 | 0,000 | 0,000 | 15,662 | 0,000 | 0,000 |
| D81 | 0,461 | 0,795 | 3,153 | 2,518 | 8,704 | 0,251 | 1,394 | 25,613 | 0,506 | 2,973 | 18,811 | 0,000 | 3,882 | 18,881 | 0,500 | 0,000 |
| D32 | 0,61 | 1,167 | 4,932 | 3,199 | 8,310 | 1,474 | 1,003 | 20,016 | 0,828 | 0,278 | 24,239 | 1,737 | 5,090 | 17,772 | 1,170 | 0,000 |
| D94 | 0,751 | 1,355 | 5,271 | 3,334 | 8,667 | 0,683 | 1,705 | 20,046 | 0,659 | 0,977 | 22,556 | 0,000 | 4,961 | 14,947 | 1,946 | 0,000 |
| D68 | 0,282 | 0,535 | 2,694 | 1,651 | 8,550 | 0,944 | 0,232 | 25,209 | 0,759 | 1,682 | 26,921 | 1,652 | 2,562 | 16,625 | 0,802 | 0,000 |
| B39 | 0,479 | 1,063 | 5,210 | 3,442 | 10,058 | 1,499 | 0,912 | 22,544 | 0,827 | 2,975 | 24,462 | 0,318 | 6,100 | 15,259 | 1,538 | 0,490 |
| C96 | 0 | 0,778 | 5,073 | 4,328 | 11,587 | 1,614 | 1,048 | 26,165 | 0,000 | 2,694 | 27,844 | 0,183 | 3,651 | 13,467 | 1,567 | 0,000 |
| C36 | 0 | 0,000 | 3,290 | 2,349 | 9,258 | 1,353 | 0,000 | 30,070 | 0,000 | 2,253 | 28,352 | 0,000 | 4,090 | 12,528 | 1,464 | 0,503 |
| C73 | 0,792 | 1,626 | 6,630 | 4,436 | 10,265 | 1,285 | 0,387 | 20,562 | 0,697 | 2,248 | 21,689 | 0,397 | 2,876 | 16,782 | 2,248 | 0,000 |
| C23 | 0,435 | 1,285 | 7,178 | 6,192 | 12,635 | 1,529 | 0,310 | 24,966 | 0,709 | 2,020 | 22,968 | 0,615 | 1,908 | 14,709 | 1,663 | 0,347 |
| B38 | 0,759 | 0,000 | 6,078 | 4,867 | 12,759 | 0,000 | 1,533 | 32,542 | 0,000 | 2,838 | 22,527 | 1,407 | 0,000 | 13,364 | 1,293 | 0,000 |
| A41 | 0,354 | 0,974 | 5,759 | 4,601 | 12,092 | 1,522 | 1,156 | 26,774 | 0,848 | 2,341 | 24,540 | 0,360 | 3,494 | 13,011 | 1,044 | 0,634 |
| D65 | 0,496 | 0,980 | 4,305 | 3,105 | 8,061 | 0,236 | 0,294 | 27,525 | 0,457 | 2,068 | 23,326 | 1,065 | 2,658 | 13,326 | 1,004 | 0,113 |
| A67 | 0,937 | 0,000 | 5,150 | 2,464 | 8,642 | 1,048 | 1,098 | 29,995 | 0,000 | 2,736 | 29,397 | 0,000 | 2,923 | 11,984 | 1,773 | 0,000 |
| A66 | 0,291 | 0,632 | 4,753 | 1,870 | 10,810 | 1,327 | 1,239 | 24,186 | 0,227 | 1,909 | 24,489 | 0,526 | 4,749 | 14,489 | 1,909 | 0,000 |
| A54 | 0,845 | 1,423 | 4,884 | 4,884 | 7,534 | 1,340 | 0,684 | 25,313 | 0,891 | 1,841 | 25,999 | 0,513 | 2,445 | 15,999 | 3,964 | 0,000 |
| C72 | 0,694 | 1,113 | 3,954 | 2,565 | 7,894 | 1,468 | 1,057 | 29,636 | 0,597 | 2,101 | 27,797 | 0,185 | 3,999 | 13,098 | 1,289 | 0,354 |
| A75 | 0,33 | 0,836 | 4,459 | 3,148 | 10,440 | 1,067 | 1,462 | 24,897 | 0,954 | 2,351 | 26,881 | 0,175 | 3,964 | 15,575 | 1,252 | 0,665 |
| A53 | 0,591 | 1,047 | 5,482 | 3,992 | 11,312 | 1,272 | 0,913 | 23,690 | 0,747 | 2,518 | 28,117 | 0,544 | 2,928 | 14,038 | 0,588 | 0,430 |
| A72 | 0,546 | 1,021 | 4,900 | 3,793 | 11,241 | 1,311 | 0,934 | 28,746 | 0,650 | 2,343 | 25,875 | 0,379 | 3,021 | 14,003 | 0,605 | 0,519 |
| Z71 | 0,432 | 0,837 | 4,263 | 2,906 | 8,069 | 1,141 | 0,331 | 24,072 | 0,716 | 4,024 | 26,482 | 0,648 | 4,024 | 13,738 | 1,558 | 0,000 |
| A78 | 0,166 | 0,506 | 3,716 | 3,038 | 9,658 | 1,226 | 0,397 | 22,159 | 0,768 | 2,015 | 22,612 | 0,256 | 4,059 | 16,730 | 0,000 | 0,204 |
| Z53 | 0,92 | 1,679 | 6,453 | 4,184 | 10,476 | 1,189 | 0,894 | 22,516 | 0 | 2,593 | 28,486 | 0,794 | 2,611 | 13,968 | 1,219 | 0,000 |
| PROMEDIO | 0,485 | 0,823 | 4,858 | 3,370 | 9,875 | 1,086 | 0,908 | 25,589 | 0,531 | 2,278 | 25,454 | 0,529 | 3,357 | 15,041 | 1,312 | 0,166 |

Nota: Elaborado por: La autora (2017).

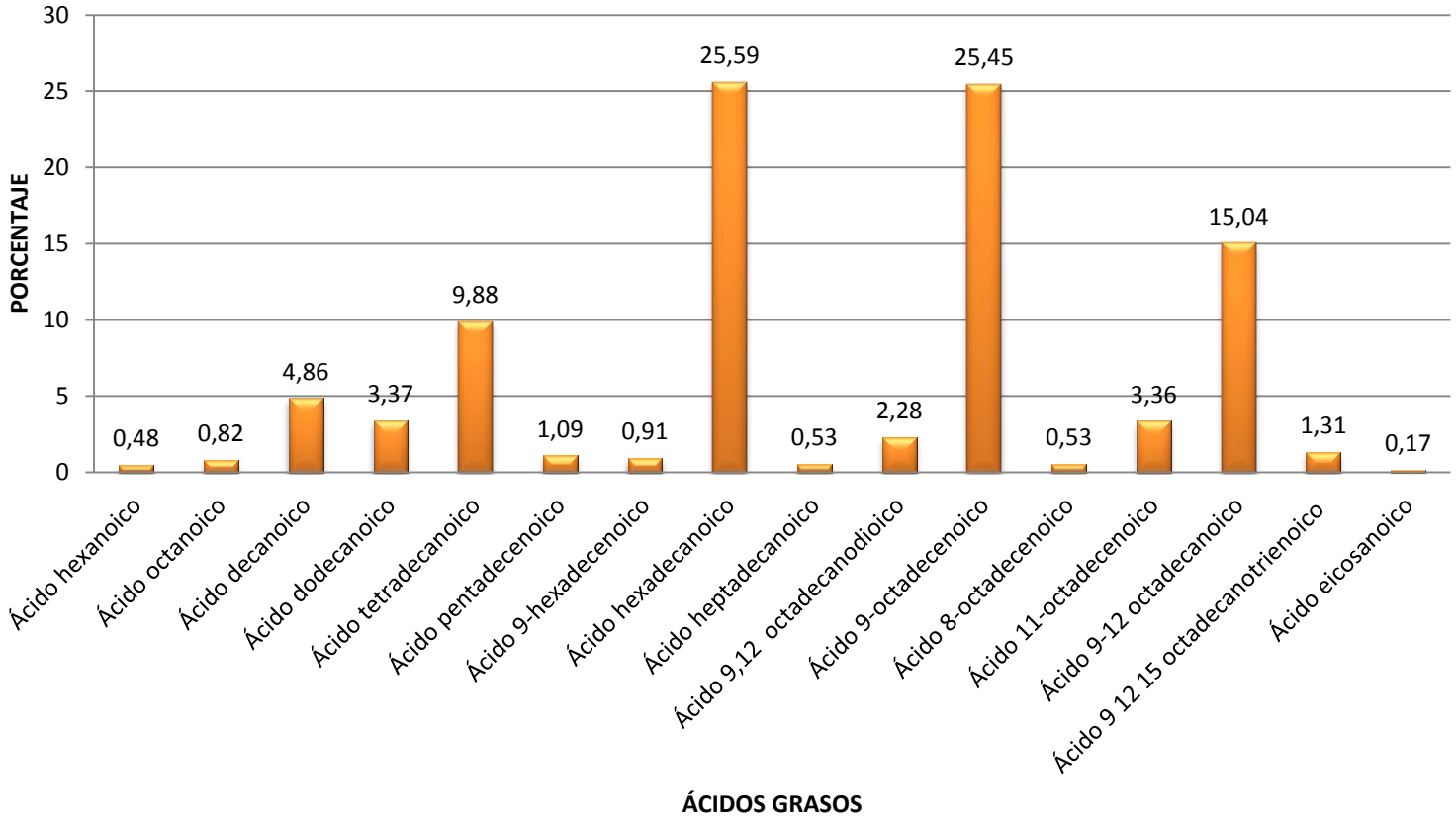



Figura 1 Porcentaje de ácidos grasos encontrados en leche de cabra.
Nota: Elaborado por: La autora (2016).

Los ácidos grasos más abundantes fueron los saturados, coincidiendo con la investigación mexicana realizada por Pérez, Díaz, Gutierrez & Vega (1998), representados por el hexadecanoico (palmítico) y tetradecanoico (mirístico). Pero es importante recalcar la presencia de otro ácido graso del grupo de los monoinsaturados presente en grandes cantidades y de gran calidad para la nutrición humana, es el ácido oleico, que representa el 25,45% del total. Según Carrero, Martín, Baró & Fonolla (2005) este ácido es esencial para disminuir el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares y reumatoides, además de ser fundamental para el desarrollo del sistema nervioso los primeros años de vida y facilitar la absorción de la leche en el tracto digestivo (Haro, Reyes, & Cabrera, 2006).

Debido a lo mencionado, el consumo de la leche de cabra en los últimos años está tomando gran importancia principalmente en el Mediterráneo, Oriente Medio y Europa, debido a la propiedad mejor digestibilidad en el organismo, gracias a la presencia de ácidos grasos de cadena mediana y larga (C6-C20) en donde se encuentra el oleico, que ya fue mencionado anteriormente, lo que coincide con las investigaciones realizadas por Gelvez, Barrera & Campo (2016).

Otro de los ácidos encontrados, aunque en menor porcentaje (15,04%), de importación nutricional fue el linolénico (omega 3), que ha mostrado su participación en el desarrollo del feto y del sistema nervioso, así como en la disminución de la incidencia de partos prematuros, prevención de enfermedades cardiovasculares (Sanhueza, Nieto, & Valenzuela , 2002) e incluso para el tratamiento de enfermedades ligadas al sistema nervioso, como la esquizofrenia (Castro Gonzáles, 2002).

Adicional a lo anteriormente señalado, en los últimos años investigaciones han encontrado que el ácido linolénico ayuda a la reducción del riesgo de sufrir cáncer de

colon, incrementando la eficacia de la quimioterapia y mitigando sus efectos secundarios (Villanueva & Mach, 2011).

Resulta muy interesante que el porcentaje de ácido linolénico encontrado en la leche de cabras de la presente investigación, fue más alto que el reportado en investigaciones de otros países como México, en donde la media de este ácido se encuentra entre 0,82% y 0,74% (Lorenzana, Gutierrez, Corona, & Martínez , 2016).

Los ácidos grasos de cadena mediana que se encontraron fueron el caprónico, caprílico y cáprico, siendo muy característicos de la leche de cabra y oveja. Estos presentan una alta actividad antimicrobiana y antiviral por lo que la leche de cabra presenta menor cantidad de bacterias a comparación de la leche de otros rumiantes. Además a estos tres ácidos también se le atribuye la disminución en los depósitos de colesterol propios de todas las leches otorgándole de esta manera la mejor digestibilidad en el organismo (Lorenzana, Gutierrez, Corona, & Martínez , 2016).

### 3.2 Ácidos grasos y periodo de lactancia

El análisis de varianza para el contenido en porcentaje de los diferentes ácidos grasos en los tres periodos de lactancia detectó no significancia estadística para todos ellos (ácido hexanoico, octanoico, decanoico, dodecanoico, tetradecanoico, pentadecenoico, 9-hexadecenoico, hexadecanoico, heptadecanoico, 8-11 octadecanodioico, 9-octadecenoico, 8-octadecenoico, 11-octadecenoico, 9-12 octadecanoico, 9-12-15 octadecanotrienoico, eicosanoico), lo que indica que el periodo de lactancia no tiene ninguna influencia en el contenido de los ácidos, aspecto ratificado con los valores obtenidos del coeficiente de correlación ($R^2$) que se ubican entre 0,003 y 0,18. Como se muestra en la tabla 5.

Las cabras por periodo de lactancia utilizadas para el análisis fueron las siguientes (Anexo 4).

### 3.3 Ácidos grasos y edad

El análisis de varianza para el contenido en porcentaje de los diferentes ácidos grasos en base a las 5 edades definidas, detectó no significancia estadística para 14 de ellos (ácido hexanoico, octanoico, decanoico, tetradecanoico, pentadecenoico, 9-hexadecenoico, hexadecanoico, heptadecanoico, 9,12 octadecanodioico, 9-octadecenoico, 8-octadecenoico, 11-octadecenoico, , 9-12.15 octadecanotrienoico, eicosanoico) y significancia estadística para 2 de ellos (dodecanoico y 9-12 octadecanoico) (Tabla 6.) lo que demuestra en términos generales que la edad al igual que la lactancia no tiene ninguna influencia en el contenido de los ácidos, lo que se ratifica con los valores obtenidos del coeficiente de correlación ($R^2$) que se encuentran entre 0,01 y 0,34.

Las cabras por edad utilizadas para el análisis fueron las siguientes (Anexo 5)

### 3.4 Ácidos grasos en cabra y vaca

Al realizar el análisis comparativo entre la presencia de ácidos grasos en leche de vaca y de cabra se notaron diferencias significativas, ya que el porcentaje de ácidos grasos insaturados como el ácido 9-12-15-octadecanotrienoico (linolenico) y ácido 9-octadecenoico (oleico) que corresponden al omega 3 y 6 son más abundantes en la leche de cabra, mientras los ácidos grasos saturados como el ácido hexadecanoico (palmítico), ácido tetradecanoico (mirístico) y ácido dodecanoico (laurico), que se presentan en mayor porcentaje en la leche de vaca como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 5.

Análisis de varianza y coeficientes de correlación para el promedio (contenido en porcentaje) y rango de los ácidos grasos encontrados y los tres periodos de lactancia analizadas.

| ÁCIDO GRASO | SIGNIFICANCIA | PROMEDIO (contenido en %) Y RANGO | | | | | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | L1 | | L2 | | L3 | | |
| | | $\bar{x}$ | RANGO | $\bar{x}$ | RANGO | $\bar{x}$ | RANGO | |
| Ácido hexanoico | NS | 0,40 | A | 0,49 | A | 0,56 | A | 0,05 |
| Ácido octanoico | NS | 0,90 | A | 0,61 | A | 0,97 | A | 0,10 |
| Ácido decanoico | NS | 5,13 | A | 4,63 | A | 4,81 | A | 0,04 |
| Ácido dodecanoico | NS | 3,68 | A | 2,79 | A | 3,64 | A | 0,13 |
| Ácido tetradecanoico | NS | 10,52 | A | 9,68 | A | 9,43 | A | 0,08 |
| Ácido pentadecenoico | NS | 0,97 | A | 1,27 | A | 1,02 | A | 0,07 |
| Ácido 9-hexadecenoico | NS | 0,95 | A | 0,90 | A | 0,87 | A | 0,00 |
| Ácido hexadecanoico | NS | 25,14 | A | 25,92 | A | 25,71 | A | 0,01 |
| Ácido heptadecanoico | NS | 0,60 | A | 0,36 | A | 0,58 | A | 0,09 |
| Ácido 8-11 octadecanodioico | NS | 2,61 | A | 2,18 | A | 2,04 | A | 0,09 |
| Ácido 9-octadecenoico | NS | 26,06 | A | 25,49 | A | 24,81 | A | 0,04 |
| Ácido 8-octadecenoico | NS | 0,49 | A | 0,37 | A | 0,72 | A | 0,08 |
| Ácido 11-octadecenoico | NS | 3,37 | A | 3,64 | A | 3,07 | A | 0,03 |
| Ácido 9-12 octadecanoico | NS | 14,87 | A | 14,78 | A | 15,47 | A | 0,03 |
| Ácido 9-12-15 octadecanotrienoico | NS | 1,15 | A | 1,47 | A | 1,31 | A | 0,03 |
| Ácido eicosanoico | NS | 0,30 | A | 0,10 | A | 0,09 | A | 0,18 |

Nota: Elaborado por: La autora (2016).

Tabla 6.

Análisis de varianza y coeficientes de correlación para el promedio (contenido en porcentaje) y rango de los ácidos grasos encontrados y las 5 edades analizadas.

| ÁCIDO GRASO | SIGNIFICANCIA | PROMEDIO (contenido en %) Y RANGO | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | E1 | | E2 | | E3 | | E4 | | E5 | | $R^2$ |
| | | $\bar{x}$ | RANGO | $\bar{x}$ | RANGO | $\bar{x}$ | RANGO | $\bar{x}$ | RANGO | $\bar{x}$ | RANGO | |
| Ácido hexanoico | NS | 0,44 | A | 0,48 | A | 0,41 | A | 0,60 | A | 0,50 | A | 0,06 |
| Ácido octanoico | NS | 0,65 | A | 0,83 | A | 0,79 | A | 0,85 | A | 0,99 | A | 0,05 |
| Ácido decanoico | NS | 4,47 | A | 4,56 | A | 5,58 | A | 4,80 | A | 4,88 | A | 0,13 |
| Ácido dodecanoico | S | 2,68 | B | 3,15 | AB | 4,27 | A | 3,25 | AB | 3,51 | AB | 0,21 |
| Ácido tetradecanoico | NS | 9,22 | A | 9,69 | A | 11,09 | A | 9,17 | A | 10,20 | A | 0,19 |
| Ácido pentadecenoico | NS | 1,09 | A | 0,77 | A | 1,21 | A | 1,16 | A | 1,20 | A | 0,11 |
| Ácido 9-hexadecenoico | NS | 1,16 | A | 0,94 | A | 0,70 | A | 0,92 | A | 0,82 | A | 0,07 |
| Ácido hexadecanoico | NS | 26,81 | A | 23,40 | A | 26,14 | A | 27,24 | A | 24,35 | A | 0,23 |
| Ácido heptadecanoico | NS | 0,47 | A | 0,58 | A | 0,37 | A | 0,50 | A | 0,64 | A | 0,07 |
| Ácido 8-11 octadecanodioico | NS | 2,07 | A | 2,43 | A | 2,50 | A | 2,17 | A | 2,64 | A | 0,10 |
| Ácido 9-octadecenoico | NS | 25,77 | A | 24,52 | A | 24,64 | A | 25,92 | A | 26,41 | A | 0,09 |
| Ácido 8-octadecenoico | NS | 0,45 | A | 0,80 | A | 0,49 | A | 0,44 | A | 0,47 | A | 0,07 |
| Ácido 11-octadecenoico | NS | 3,43 | A | 3,44 | A | 3,10 | A | 3,38 | A | 3,43 | A | 0,01 |
| Ácido 9-12 octadecanoico | S | 15,83 | AB | 16,69 | A | 14,35 | BC | 13,65 | C | 14,68 | ABC | 0,34 |
| Ácido 9-12-15 octadecanotrienoico | NS | 1,26 | A | 0,97 | A | 1,63 | A | 1,83 | A | 0,87 | A | 0,22 |
| Ácido eicosanoico | NS | 0,12 | A | 0,00 | A | 0,22 | A | 0,18 | A | 0,30 | A | 0,19 |

Nota: Elaborado por: La autora (2017).

**Tabla 7**

Ácidos grasos presentes en leche de cabra y leche de vaca

| ÁCIDOS GRASOS | | CABRA | VACA |
|---|---|---|---|
| **NOMBRE CIENTÍFICO** | **NOMBRE COMÚN** | **CONTENIDO %** | |
| Ácido hexanoico | Ácido caprónico | 0,48 | 0,00 |
| Ácido octanoico | Ácido caprílico | 0,82 | 0,00 |
| Ácido decanoico | Ácido cáprico | 4,86 | 1,56 |
| Ácido dodecanoico | Ácido laurico | 3,37 | 2,61 |
| Ácido tetradecanoico | Ácido mirístico | 9,88 | 11,97 |
| Ácido pentadecenoico | | 1,09 | 1,75 |
| Ácido 9-hexadecenoico | Ácido palmitoleico | 0,91 | 0,00 |
| Ácido hexadecanoico | Ácido palmítico | 25,59 | 30,45 |
| Ácido heptadecanoico | Ácido margárico | 0,53 | 0,58 |
| Ácido 8,11 octadecanodioico | | 2,28 | 0,00 |
| Ácido 9-octadecenoico | Ácido oleico | 25,45 | 15,38 |
| Ácido 8-octadecenoico | Ácido esteárico | 0,53 | 0,63 |
| Ácido 11-octadecenoico | | 3,36 | 0,00 |
| Ácido 9-12 octadecanoico | Ácido linoleico | 15,04 | 14,14 |
| Ácido 9 12 15 octadecanotrienoico | Ácido α- linolenico | 1,31 | 0,55 |
| Ácido eicosanoico | Ácido araquídico | 0,17 | 0,30 |

Nota: Elaborado por: La autora (2017).

## Conclusiones

La investigación realizada aporta de manera significativa a determinar el perfil de ácidos grasos de la leche de Cabra bajo las condiciones de Ecuador.

Se identificó un total de 16 ácidos grasos siendo los insaturados los que le convierten a la leche de cabra más atractiva en términos nutricionales que la leche de vaca. El porcentaje de ácidos grasos insaturados como el ácido 9-12-15-octadecanotrienoico (linolenico) y ácido 9-octadecenoico (oleico) que corresponden al omega 3 y 6 son más abundantes en la leche de cabra, mientras los ácidos grasos saturados como el ácido hexadecanoico (palmítico), ácido tetradecanoico (mirístico) y ácido dodecanoico (laurico) se presentan en mayor porcentaje en la leche de vaca, lo que ocasiona que la leche caprina no presenta los mismos problemas de intolerancia que la leche de origen bovino.

Dentro de la investigación la cantidad de ácido linoleico, es uno de los más interesantes ya que su porcentaje es más alto a comparación de investigaciones realizadas en otros países, además que dentro de sus propiedades se puede recalcar que ayuda a disminuir la probabilidad de sufrir cáncer de colón.

La leche de cabra presenta menor cantidad de bacterias que la de otros rumiantes como la de vaca, ya que contiene ácidos grasos de cadena mediana como caprónico, caprílico y cáprico, mismos que tienen la capacidad de tener una alta actividad antimicrobiana y antiviral.

Se demostró que las variables en análisis que fueron periodos de lactancia y edad, no están relacionadas con la cantidad de los ácidos grasos.

## Bibliografía


Alais, C. (1988). *Ciencia de la leche* . Ciudad de México: Continental.

ANDES. (22 de Mayo de 2014). *Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramerica*. Recuperado el 6 de Abril de 2016, de http://www.andes.info.ec/es/noticias/ecuador-registra-bajo-consumo-lacteos-comparacion-paises-latinoamerica.html

Ascención , T. (2012). *Grasas, aceites y ceras* . Buenos Aires : Laminar.

Bedoya , O., Rosero , R., & Posada, S. (2010). *Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes.* Antioquia: Ministerio de Agricultira y desarrollo rural de Antioquia.

Boza, J., & Sampelayo, M. (2001). *Aspectos nutricionales de la leche de cabra.* Granada: Estación experimental del Saidin.

CAPRA. (Junio de 2005). *La composición de la leche de cabra y su papel en la alimentación humana.* Recuperado el 28 de Septiembre de 2016, de http//.iespana.es/CAPRA/HOMBRE/HOMBRE:HTM

Carrero, J., Martín , E., Baró , L., & Fonolla, J. (Enero de 2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria , XX*(1).

Castro Gonzáles, I. (2002). *Ácidos grasos: Omega 3 Beneficios y Fuentes.* Universidad Nacional de México, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Biológicas. México: Interciencia.

CASTRO, A. (2005). *Cualidades medicinales y nutricionales de la leche de cabra.* Recuperado el 18 de Octubre de 2015, de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/cabra_propiedades-html

Chacón, A. (2005). Aspectos nutricionales de la leche de cabra y sus variaciones en el proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*.

Contreras, C., Meneses, R., & Rojas , A. (2001). *Razas caprinas* . Concepción: Tierra Adentro.

De Géa, G. (2006). *RAZAS DE CABRAS EN PRODUCCIÓN EN LA ARGENTINA.* San Carlos de Bariloche : Sitio Argentino de Producción Animal.

Díaz Zagoya, J. (2007). *Bioquímica, un enfoque aplicado a las ciencias de la vida.* Punta Santa Fé, México: McGraw-Hill Interamericana.

Dickson, L., Torres , G., & García , O. (2008). *Producción de leche y duración de la lactancia en cabras.* Colegio de Postgraduados. Texcoco-México: FONAIAP.

FAO. (2010). *Importancia de las grasas y aceites para el crecimiento y desarrollo de los niños*. Recuperado el 10 de Abril de 2016, de http://www.fao.org/docrep/t4660t/t4660t05.htm

FAO. (2016). *Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 8 de Abril de 2016, de Declaración de la FAO sobre biotecnología: http://www.fao.org/biotech/fao-statement-on-biotechnology/es/

FEDEGAN. (Abril de 2016). *Federación Colombiana de Ganaderos*. Recuperado el 11 de Abril de 2016, de Fondo Nacional de Gando: http://www.fedegan.org.co/estadisticas/precios

GAD Parroquial de Yaruquí. (2014). *Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquial Rural de Yaruquí*. Recuperado el Diciembre19 de 2016, de http://www.yaruqui.gob.ec/web/

Gelvez, V., Barrera, M., & Campo , Y. (2016). *Propiedades funcionales y perfil de textura de un queso de leche de cabra.* Programa Ingeniería en Alimentos . Pamplona: Universidad de Pamplona .

Gioffredo, J. J., & Petrina , A. (2010). *CAPRINOS: GENERALIDADES, NUTRICIÓN, REPRODUCCIÓN E INSTALACIONES.* Rio Cuarto: Universidad Nacional de Rio Cuarto.

González, V., Marrero, D., Sierra , R., & Velasquez, C. (19 de Agosto de 2008). Nuevo método por cromatografía gaseosa capilar para el análisis del ingrediente activo D002. *Revista CENIC Ciencias Químicas, 39*(3).

Haro, M., Reyes, A., & Cabrera, C. (Octubre de 2006). Ácido linoleico conjugado: interés actual en nutrición humana. *Medicina clínica, XXVII*(13), 508-515.

Hoyos, A. (2009). *Análisis el perfil de ácidos graso, vitamina E y situación actual del etiquetado nutricional en aceites vegetales de mayor comercialización por lmacenes de grandes superficies en Bogotá, Barranquilla y Medillín* . Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana .

INEC. (2012). *Ecuador en cifras*. (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua) Recuperado el 22 de Abril de 2016, de ESPAC:

http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/PRESENTACION-Espac.pdf

Infante, D., Tormo , R., & Conde, M. (2016). Propiedades funcionales y perfil de textura de un queso de leche de cabra. *Vite, I*, 759-763.

Lopez, J. (2010). *ESTANDARIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE CROMATOGRAFÍA DE GASES ACOPLADA A ESPECTROMETRÍA.* Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Lorenzana, A., Gutierrez, R., Corona, L., & Martínez , R. (2016). *Efecto de la alimentación con (Pithecellobium dulce) en el perfil de ácidos grasos de la leche de cabras criollas.* Universidad Nacional Autónoma de México, Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica. México: Interciencia.

MAGAP. (4 de Septiembre de 2013). *Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesa*. Recuperado el 22 de Abril de 2016, de Acuerdo 394: http://balcon.magap.gob.ec/mag01/pdfs/aministerial/2013/2013_394.pdf

Martinez, A., Gómez, P., & Pérez, L. (2013). Adición de aceites vegetales a la dieta de cabras lecheras: efecto sobre el contenido de ácidos grasos de la grasa láctea. *Revista, Scielo.Archivos de medicina veterinaria*.

Montoya, C., García , F., & Barahona, R. (2015). Contenido de ácidos grasos en carne de bovinos cebados en diferentes sistemas de producción en el trópico colombiano. *VITAE, XXII*(3), 205-214.

Nelson, D., & Cox, M. (2015). *Principios de bioquímica* (Sexta ed.). (S. Winslow, Ed.) Barcelona, España: Ediciones Omega.

Noboa, S. (2009). *Metabolismo lipídico, ácidos grasos en el cultivo larvario de almeja babosa, calidad ovocitaria, larvaria y nutricional al uso de la microencapsulación lipídica.* Facultad de Biología: Madrid.

Odent, M. (1991). *La salud y los ácidos grasos esenciales.* Madrid: Urano.

Ortega, R., Pérez, E., Bulto, L., & Matin, E. (2010). *Las grasas y otros alimentos* . Madrid: Universidad Complutense.

Pérez , N., Díaz , G., Gutierrez, R., & Vega , S. (1998). *Composición en ácidos grasos de la grasa de leches pasteurizadas mexicanas.* México DF: Universidad Autónoma Metropolitana-Xhochimilco.

Pérez, J. (2010). *Triglicéridos de cadena media para perder peso y mejorar la salud* . Córdova : Universidad de Córdova-Departamento de Genética.

Plaza, M. (Enero de 2013). *Hospital Universitario San Jose de Barcelona.* Recuperado el 20 de Abril de 2016, de Sección de Alergia e Inmunología: http://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/5-aplv.pdf

Richardson, C. (2004). Let's leam about dairy goats an goat's milk. *Oklahoma Cooperative Extension Service*(Boletin N°424).

Ros, G., Martínez, C., & Valencia , J. (2011). *Biodisponibilidad de los ácidos grasos de cadena corta.* Córdova: Universidad de Córdova.

Salvador , A., & Martínez, G. (2007). *Factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra: Revisión bibliográfica.* Facultad de Ciencias Veterinarias, Departamento de Producción e Industria Animal. Maracay: Universidad Central de Venezuela.

Sanhueza, J., Nieto, S., & Valenzuela , A. (Agosto de 2002). Acido linoleico conjugado: un acido graso con isometría trans, potencialmente beneficioso. *Revista chilena de nutrición, XXIV*(2).

Sanz, L. (2007). *Caracterización de la leche de cabra frente a la de vaca. Estudio de su valor nutritivo e inmunológico.* Granada: Universidad de Granada.

Schettino, B., Perez, J., & Gutierrez, R. (2011). ANÁLISIS DE LA ROBUSTEZ EN LA DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS POR CROMATOGRAFÍA GASEOSA EN LECHE DE CABRA. *Salud Animal Vol. 33. No.2*, 83-89.

Stryer, L., Berg , J., & Tymoczko, J. (2013). *Química con aplicaciones clínicas* (Séptima ed.). Barcelona, España: Reverté.

Uauy, R., & Olivares, S. (2011). *Los ácidos grasos esenciales.* Santiago de Chile: INTA.

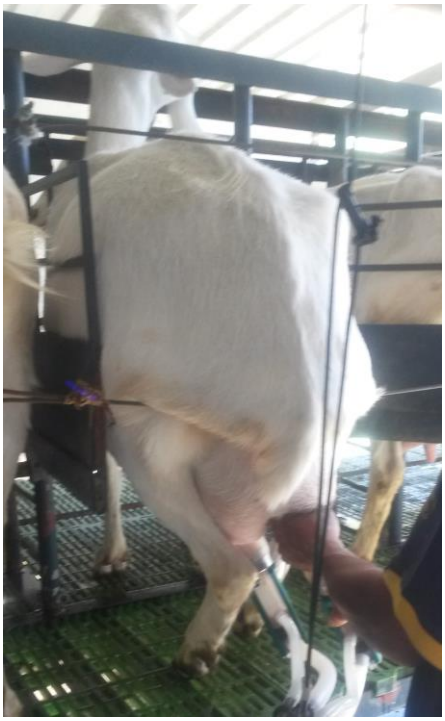
Villanueva , X., & Mach, N. (Abril de 2011). Papel de los ácidos grasos omega 3 en la prevención del cáncer de colon. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética, XV*(2), 47-55.

Vives , J., & Baraza, E. (2010). *LA CABRA DOMÉSTICA ASILVESTRADA (Capra hircus).* Mallorca: Universidad de las Islas Baleares. Obtenido de http://www.secem.es/wp-content/uploads/2013/03/Galemys-22-NE-11-Vives-193-205.pdf

# Anexos

## Anexo 1. Fotografías de campo

**Anexo 1a. Cabras raza saanen**

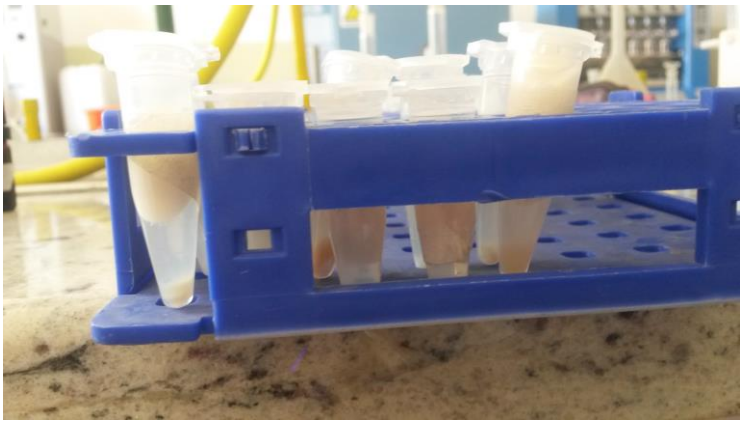


**Anexo 1b. Ordeño de cabras**

**Anexo 1c. Toma de muestras**

Nota: Elaborado por: La autora (2017).

**Anexo 2. Trabajo de laboratorio**



**Anexo 2a. separación de fracción grasa de la leche**

**Anexo 2b. Fracción grasa de leche de cabra**

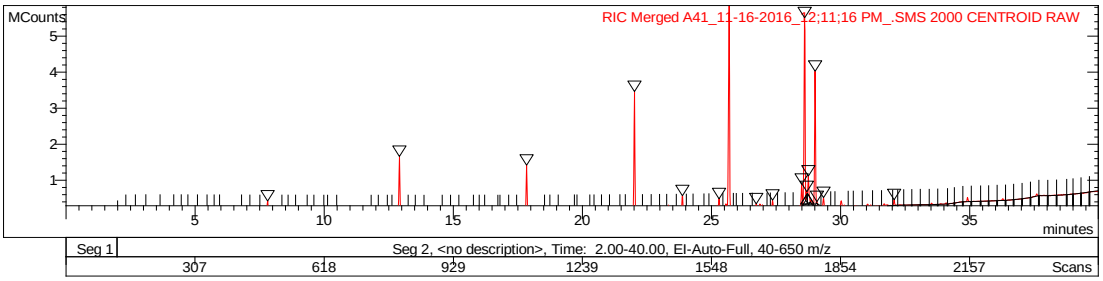
**Anexo 2c. Muestras procesadas previa lectura en el cromatógrafo**

Nota: Elaborado por: La autora (2017).

# Anexo 3. Perfil de ácidos grasos

Sample Report for ...11-16-2016_12;11;16 pm_.sms

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sample ID: | A41 | Operator: | paco |
| Instrument ID: | Varian MS SATURN | Last Calibration: | None |
| Acquisition Date: | 11/16/2016 12:11 PM | Data File: | ...016_12;11;16 pm_.sms |
| Calculation Date: | 11/16/2016 12:51 PM | Method: | ...s\ungurahua ag 2.mth |
| Inj. Sample Notes: | None | | |




Target Compounds

None

Unidentified Peaks

| | | | |
|---|---|---|---|
| Quan Ions: | RIC | Spectrum Match Type: | Normal-Forward |
| RF Used: | None | Match Thresh: | 700 |

| # | RT | Compound Name | Status | Area | Amount | R.Match |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.790 | Hexanoic acid, methyl ester | TIC | 232574 | 0.354 | 842 |
| 2 | 7.808 | Octanoic acid, methyl ester | TIC | 640280 | 0.974 | 862 |
| 3 | 12.913 | ESTER METILICO DEL ACIDO DOD | TIC | 3.786e+6 | 5.759 | 925 |
| 4 | 17.838 | ESTER METILICO DEL ACIDO DOD | TIC | 3.025e+6 | 4.601 | 930 |
| 5 | 22.016 | Tridecanoic acid, 12-methyl- | TIC | 7.949e+6 | 12.092 | 795 |
| 6 | 23.873 | Pentadecanoic acid, methyl e | TIC | 1.001e+6 | 1.522 | 848 |
| 7 | 25.292 | 9-Hexadecenoic acid, methyl | TIC | 759625 | 1.156 | 882 |
| 8 | 25.682 | Pentadecanoic acid, 14-methy | TIC | 1.629e+7 | 24.774 | 750 |
| 9 | 26.732 | No Match | Unk. | 325936 | 0.496 | ---- |
| 10 | 27.364 | Heptadecanoic acid, methyl e | TIC | 557718 | 0.848 | 854 |
| 11 | 28.491 | 8,11-Octadecadienoic acid, m | TIC | 1.539e+6 | 2.341 | 870 |
| 12 | 28.608 | 9-Octadecenoic acid, methyl | TIC | 1.613e+7 | 24.540 | 826 |
| 13 | 28.693 | 9-Octadecenoic acid, methyl | TIC | 236511 | 0.360 | 842 |
| 14 | 28.750 | 9-Octadecenoic acid, methyl | TIC | 2.297e+6 | 3.494 | 859 |
| 15 | 29.012 | Heptadecanoic acid, 14-methy | TIC | 9.868e+6 | 15.011 | 801 |
| 16 | 29.337 | 8,11-Octadecadienoic acid, m | TIC | 686127 | 1.044 | 873 |
| 17 | 32.073 | Eicosanoic acid, methyl este | TIC | 417000 | 0.634 | 807 |

**********
**Sample Preparation**
**********

Manual injection

**********
**Run Log**
**********

MODULE ATTRIBUTES Printed: 12/8/2016 10:09 AM
Module: Saturn 2000.40

MS Workstation Version 6.20
Module Software Version: FF11
Module Option Keys: EI
Setpoints
Trap Temperature: 150 degrees C
Manifold Temperature: 40 degrees C

Nota: Elaborado por: La autora (2017).

**Anexo 4. Códigos de cabras y periodos de lactancia**

| CÒDIGO CABRA | PERIODO DE LACTANCIA (días) |
|---|---|
| E01 | 1 a 100 días |
| D93 | 1 a 100 días |
| D97 | 101 a 200 días |
| C82 | 101 a 200 días |
| E24 | > 200 días |
| D46 | > 200 días |
| D6 | 1 a 100 días |
| D53 | 1 a 100 días |
| D81 | 101 a 200 días |
| D32 | 101 a 200 días |
| D94 | > 200 días |
| D68 | > 200 días |
| B39 | 1 a 100 días |
| C96 | 1 a 100 días |
| C36 | 101 a 200 días |
| C73 | 101 a 200 días |
| C23 | > 200 días |
| B38 | > 200 días |
| A41 | 1 a 100 días |
| D65 | 1 a 100 días |
| A67 | 101 a 200 días |
| A66 | 101 a 200 días |
| A54 | > 200 días |
| C72 | > 200 días |
| A75 | 1 a 100 días |
| A53 | 1 a 100 días |
| A72 | 101 a 200 días |
| Z71 | 101 a 200 días |
| A78 | > 200 días |
| Z53 | > 200 días |

Nota: Elaborado por: La autora (2017).

**Anexo 5. Códigos de cabras y edades**

| CÒDIGO CABRA | EDAD (días) |
|---|---|
| E01 | 510 a 930 días |
| D93 | 510 a 930 días |
| D97 | 510 a 930 días |
| C82 | 510 a 930 días |
| E24 | 510 a 930 días |
| D46 | 510 a 930 días |
| D6 | 931 a 1350 días |
| D53 | 931 a 1350 días |
| D81 | 931 a 1350 días |
| D32 | 931 a 1350 días |
| D94 | 931 a 1350 días |
| D68 | 931 a 1350 días |
| B39 | 1351 a 1770 días |
| C96 | 1351 a 1770 días |
| C36 | 1351 a 1770 días |
| C73 | 1351 a 1770 días |
| C23 | 1351 a 1770 días |
| B38 | 1351 a 1770 días |
| A41 | 1771 a 2190 días |
| D65 | 1771 a 2190 días |
| A67 | 1771 a 2190 días |
| A66 | 1771 a 2190 días |
| A54 | 1771 a 2190 días |
| C72 | 1771 a 2190 días |
| A75 | >2190 días |
| A53 | >2190 días |
| A72 | >2190 días |
| Z71 | >2190 días |
| A78 | >2190 días |
| Z53 | >2190 días |

Nota: Elaborado por: La autora (2017).