

**CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y TEXTURALES DE UN QUESO
SEMIMADURADO ELABORADO A PARTIR DE
LECHE DE CABRA**

MARTHA BARRERA HERNÁNDEZ

Ingeniera de Alimentos

Grupo de investigación innovación y desarrollo tecnológico

INNOVA

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
VICERECTORIA DE INVESTIGACIONES
PAMPLONA**

2016

**CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y TEXTURALES DE UN QUESO
SEMIMADURADO ELABORADO A PARTIR DE
LECHE DE CABRA**

MARTHA BARRERA HERNÁNDEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

Director:

Ph.D. VÍCTOR MANUEL GÉLVEZ O.

Grupo de Investigación en Innovación y desarrollo tecnológico

INNOVA

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

VICERECTORIA DE INVESTIGACIONES

MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PAMPLONA

2016

Dedico este trabajo a Dios, cuyo espíritu me impulsa a ser mejor cada día, a darlo todo para llegar a Él.

A papá que aunque no esté, colocó tanto de sí para cada uno de mis logros, creyó en mí y siento que aún cree, el hombre que más me amó.

A mamá, siempre tan bella y fuerte, con su oración bendice cada uno de mis actos.

A Juan Carlos el hombre a quien amo, su amor y su ayuda están presentes en el logro de cada una de mis metas,

A mi bonita (artista, loca y despeinada), cuya presencia me llena de amor y juventud, de ganas de vivir muchos años más.

A cada uno de mis hermanos especialmente a Chayo y Nelly pendientes de mí cada día, a mis sobrinos locos con especial aprecio a Ma.. Alejandra y su hijo mi amor chiquito.

Martha

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, Víctor Manuel. Por su paciencia, tesón y aporte en mi crecimiento científico.

A cada integrante del comité científico de la maestría, especialmente a su directora Lida Maldonado siempre tan bella y dispuesta a colaborar conmigo junto a Yocelin.

A mis amigas Lucila, Mariela y Luz Alba impulso en las horas de desánimo.

A Yesenia por su aporte.

A mis compañeros de estudio, especialmente a María Alexandra.

A los Javieres, Alfonso, Jorge, la doctora Ludy y todos aquellos que me apoyaron en este proceso.

CONTENIDO

RESUMEN	12
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN Y ESTADO DEL ARTE	18
1.1 CAPRINOS	20
1.1.1 Razas caprinas en el mundo.....	21
1.1.2 Los Caprinos en Colombia.....	23
1.2 CADENAS PRODUCTIVAS EN COLOMBIA	24
1.3. ZONAS DE PRODUCCIÓN.	24
1.4. LA LECHE DE CABRA	25
1.4.1. Composición y Propiedades	26
1.5. TECNOLOGÍA QUESERA	29
1.6. QUESO DE CABRA.....	30
1.6.1. Selección de la leche de quesería	36
1.6.2. Pasteurización	36
1.6.3 Coagulación	37
1.6.4. Corte y Desuerado	42
1.6.5. Salado.....	44
1.6.6. Moldeo y prensado	44
1.6.7. Maduración	44
1.7. CARACTERÍSTICAS DE TEXTURA Y COLOR.....	47
1.8. ÁCIDOS GRASOS	50
1.8.1 Ácidos Grasos Esenciales	51
2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO.....	61
2.1. OBJETIVO GENERAL	61
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	61
2.2 PLAN DE TRABAJO	61
2.2.1. Determinación de los sitios de producción y toma de la muestra	61
2.2.2 Evaluación de las características fisicoquímicas de la leche de cabra:	62

2.2.3 Establecimiento de las variables de proceso en la elaboración de un queso semimadurado a partir de leche de cabra.....	62
2.2.4. Análisis de perfil de textura de la cuajada inicial.....	63
2.2.5. Elaboración del queso de leche de cabra	63
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	65
3.1. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS.....	65
3.1.1. Leche de cabra	65
3.2. METODOS.....	66
3.2.1. Determinación de las características fisicoquímicas	67
3.2.2. Establecimiento de variables en el control del proceso de elaboración del queso de leche de cabra semimadurado.	68
3.2.3. Determinación del perfil de ácidos grasos en leche y queso de cabra	69
3.2.4 Evaluación del color	71
3.2.5 Evaluación de la textura.....	71
3.2.6 Determinación del perfil de ácidos grasos del queso semimadurado:	72
3.2.7. Establecimiento del ambiente de producción.....	72
3.2.8 Análisis microbiológicos	72
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	72
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	74
4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS EN LA LECHE DE CABRA.....	74
4.1.1 Determinación de la acidez titulable y el pH.	74
4.1.2 Determinación de la densidad:.....	77
4.1.3. Determinación del porcentaje de grasa.	78
4.1.4 Determinación del porcentaje de proteína.	79
4.1.5. Determinación del porcentaje de sólidos no grasos (SNG).....	81
4.1.6 Determinación del porcentaje de sólidos totales (ST).	82
4.1.7. Cuantificación del perfil de ácidos grasos de la leche cabra.	85
4.2 VARIABLES EN EL PROCESO DE ELABORACION DEL QUESO	90
4.2.1. Características fisicoquímicas de la leche	90
4.2.2. Determinación de tiempo y temperatura de cuajado.....	90
4.2.3. Características fisicoquímicas del queso semi madurado de cabra.....	94

4.3. COMPORTAMIENTO DE LA TEXTURA Y EL COLOR DURANTE LA MADURACIÓN.	97
4.3.1 Textura.....	97
4.3.2. Color	99
4.4. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN QUESO SEMIMADURADO	101
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES.....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
ANEXOS.....	137

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Coagulación de la caseína según Payens	39
Figura 2. Relación entre temperatura y coagulación enzimática	41
Figura 3. Sinéresis en leche de cabra coagulada a $40^{\circ}\text{C}\pm 1$	43
Figura 4. Cuajada de leche de cabra después de la separación del suero	43
Figura 5. Utilización de TPA en quesos de leche de cabra	48
Figura 6. Ruta metabólica de los ácidos grasos	55

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Flujograma del proceso de elaboración de queso artesanal de cabra	35
Grafica 2. Grasa en leche de cabra	78
Grafica 3. Proteína en leche de cabra	80
Grafica 4. Solidos no grasos en leche de cabra	81
Grafica 5. Solidos totales en leche de cabra	82
Grafica 6. Comportamiento del pH durante la maduración	95
Grafica 7. Comportamiento del perfil de ácidos grasos (6-18C)	103
Grafica 8. Ácidos grasos esenciales leche/días de maduración	105

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Definición de algunos parámetros de textura	49
Tabla 2. Efectos en la salud humana de los ácidos grasos esenciales	57
Tabla 3. Producciones preliminares para determinación de consistencia de gel	63
Tabla 4. Valor promedio de la acidez y pH en las muestras de leche de cabra	75
Tabla 5. Acidez en las muestras de leche de cabra	77
Tabla 6. Valores de pH en muestras de leche de cabra	85
Tabla 7. Clasificación general de los ácidos	86
Tabla 8. Características fisicoquímica de la leche de cabra del estudio	91
Tabla 9. Textura a diferentes temperaturas	97
Tabla 10. Características fisicoquímicas del queso semimadurado	98
Tabla 11. Características texturales en queso fresco-semimadurado de leche de cabra	99
Tabla 12. Tendencias de color en las muestras de estudio	102
Tabla 13. Ácidos grasos predominantes presentes en muestra de leche y cabra mg/100g	107

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Cronograma de perfil de ácidos grasos en leche	138
Anexo B. Cronograma de perfil de ácidos grasos en Queso (día 4)	139
Anexo C. Cromatograma de perfil de ácidos grasos en queso (día 16)	140
Anexo D. Cromatograma de perfil de ácidos grasos en queso (día 28).	141
Anexo E. Resultados de análisis de muestra de leche de cabra	142
Anexo F. Concentración (mg/100g de muestra) de ácidos grasos en forma de De metilésteres, presentes en una muestra de queso de cabra	143
Anexo G. Selección del ambiente de producción para la maduración	144

RESUMEN

Los productos lácteos, constituyen uno de los sectores agroindustriales más representativos y en constante crecimiento a nivel mundial y regional. Los derivados de leche de cabra, con menos tradición, están supeditados al sector artesanal, de ahí la importancia de determinar las características fisicoquímicas y texturales de los quesos, ya que son factores que influyen en la aceptación final del consumidor.

La presente investigación tuvo como objetivo determinar las características fisicoquímicas y texturales de un queso semimadurado elaborado a partir de leche de cabra con el fin de establecer las variables en la elaboración y dar cumplimiento en la normatividad vigente.

Mediante visitas *in situ* se determinaron las explotaciones lecheras caprinas más significativas en la Garita (Norte de Santander), en cuanto a volumen, lugar, raza y tradición en la región, determinando 5 explotaciones para el muestreo. Una vez elegidas las explotaciones para la evaluación se procedió a tomar muestras de leche y realizar los respectivos análisis fisicoquímicos valorando acidez, pH, densidad, sólidos totales (ST), sólidos no grasos (SNG), proteínas, crioscopia, parámetros relacionados con buenos rendimientos y calidad quesera y así poder determinar la leche apta para el proceso.

Una vez evaluadas las características fisicoquímicas de la leche de cabra y cuantificados los diferentes componentes se determinó la muestra que en conjunto presentaba los valores más representativos en cuanto a aptitud quesera.

Preliminarmente se realizaron 15 producciones, a diferentes temperaturas de cuajado y tiempo de corte, para poder determinar los parámetros iniciales en la elaboración del queso.

Las cuajadas obtenidas de estas fabricaciones fueron sometidas a prensado y las de mejor comportamiento frente al pH, rendimiento y consistencia se sometieron a análisis de perfil de textura (TPA), determinando mediante esta evaluación que la muestra coagulada a $37 \pm 1^\circ\text{C}$, presentaba mejores características texturales, este parámetro fué utilizado como punto de partida para la elaboración del queso fresco y posterior maduración del mismo.

Al queso fresco (primer día) y semimadurado (28 días de elaboración) se le analizó el perfil de textura (TPA), asimismo el color fué evaluado mediante el método CIELAB L^* , a^* (rojo-verde, b^* verde-azul) en los días 0 y 28 y el perfil de ácidos grasos se evaluaron por cromatografía de gases los días 4, 16 y 28.

Los resultados demostraron que la leche de cabra procedente de la Garita (Norte de Santander) cumple con lo establecido en el Decreto 616 del 2006 en cuanto a características fisicoquímicas, el análisis del perfil de textura mostro un incremento en la dureza y masticabilidad, mientras la cohesividad se mantiene constante y la elasticidad disminuyo significativamente ($P \leq 0,05$), siendo consistente con el tipo de queso obtenido.

Los parámetros de color en los quesos frescos y semimadurados de cabra evaluados presentaron una alta luminosidad siendo mayor en el queso fresco internamente ($85,2633 \pm 0.5252$) y semimadurado externamente ($81,6233 \pm 0.8337$), en el día 28 hay un incremento en la tonalidad amarilla y se evidencia mayor pureza en el color.

En la cuantificación de los ácidos grasos en leche y queso de cabra se determinó que el 75% son de cadena larga, 14.98% de cadena media, 4.44% de cadena corta y solo un 0.26% son considerados trans. Por otra parte los ácidos grasos polisaturados de mayor relevancia, ácido linolénico y linoleico, presentaron un incremento significativo ($p < 0.05$, $57 \frac{mg}{100gs}$, 309.75 respectivamente), en el día 28 de maduración.

Los metabolitos EPA, DHA y AA presentaron valores altos si se comparan con leches de otras especies, por lo tanto se puede concluir que siguiendo la ruta metabólica de la serie Omega-3 y 6 se encuentran presentes tanto los precursores de la serie y sus metabolitos en la leche y el queso de cabra evaluado.

Palabras claves: Ácidos grasos, cabra, queso, textura.

ABSTRACT

Dairy products are one of the most representative agro-industrial sectors and growing global and regional level. Derivatives goat milk with less tradition, are subject to the artisanal sector, hence the importance of determining the physicochemical and textural characteristics of cheeses as they are factors influencing the final consumer acceptance.

This research aimed to determine the physicochemical and textural characteristics of a semimadurado cheese made from goat's milk in order to determine the variables in the design and comply in current regulations.

Site visits by the most significant goat dairy farms were determined in Garita (Norte de Santander), in terms of volume, place, race and tradition in the region, determining 5 farms for sampling. Once elected farms for evaluation proceeded to take samples of milk and make the respective physico-chemical analysis assessing acidity, pH, density, total solids (TS), non-fat solids (SNG), proteins, crioscopia, parameters related to good yields and cheese quality and thus determine the process suitable for milk.

After assessing the physicochemical characteristics of goat milk and quantified sample the different components that together presented the most representative in terms of fitness quesera values it was determined.

Preliminarily 15 productions were performed at different temperatures curdling and cutting time, in order to determine the initial parameters in cheesemaking. The

curds obtained from these fabrications were subjected to pressing and better behavior against pH, performance and consistency were subjected to analysis of texture profile (TPA), determining from this evaluation that the clotted sample at $37 \pm 1^{\circ} \text{C}$, presented best textural characteristics, this parameter was used as a starting point for the production of fresh cheese and subsequent maturation of the same.

Fresh cheese (first day) and semimadurado (28 days preparation) was analyzed profile texture (TPA), also the color was evaluated by the CIELAB L^* method, a^* (red-green, b^* green-blue) on days 0 and 28 and the fatty acid profile were evaluated by gas chromatography on 4, 16 and 28.

The results showed that goat milk from the Garita (Norte de Santander) complies with the provisions of Decree 616 of 2006 in terms of physical and chemical characteristics, the analysis of texture profile showed an increase in hardness and chewiness, while It remains constant cohesiveness and elasticity decreased significantly ($P \leq 0.05$), consistent with the type of cheese produced.

Color parameters in fresh and semi goat of evaluated showed high brightness being higher in the fresh cheese internally (85.2633 ± 0.5252) and semimadurado externally (81.6233 ± 0.8337), on day 28 there is an increase in yellow hue and greater color purity in evidence.

In the quantification of fatty acid in milk the goat cheese and it was determined that 75% are long-chain, medium chain 14.98%, 4.44% short chain and only 0.26% are considered trans. Moreover polyunsaturated fatty acids most important, linolenic and linoleic acid, showed a significant increase ($p < 0.05$, 57 mg / 100GS, 309.75 respectively), on day 28 of ripening.

The EPA, DHA and AA metabolites showed high values when compared with milk of other species, therefore it can be concluded that following the metabolic pathway of omega-3 series and 6 both precursors of the series and its metabolites are present in milk and goat cheese evaluated.

Keywords: Fatty acids, goat cheese texture.

INTRODUCCIÓN Y ESTADO DEL ARTE

La leche de cabra ha sido identificada como una alternativa para las personas que muestran sensibilidad o alergia a la leche bovina. Su importancia en la nutrición humana está dada por alimentar a más personas hambrientas y desnutridas en el mundo en desarrollo que a partir de leche de vaca, este valor nutricional radica en su alto contenido de ácidos grasos C6 a C10, a la carencia de aglutina y al alto porcentaje de ácidos grasos esterificados de cadena corta y media sobre el carbono tres del esqueleto de la glicerina (Schettino *et al.*, 2001).

Existe una tendencia desde la Tecnología de elaboración quesera de aunar esfuerzos para mejorar la calidad sanitaria, de producción y de procesamiento, sin renunciar a la tradición de un alimento que en la mayoría de los casos se elabora de manera artesanal con preferencias organolépticas en muchos casos influenciada por la cultura regional (Grass y Altamirano., 2015) de ahí la importancia de estándares que satisfagan el mercado objetivo (Pérez *et al.*, 2007). A nivel mundial, el queso de cabra es considerado un producto de alto valor nutricional, asociado a la alta digestibilidad y asimilación debido al tamaño pequeño de los glóbulos de grasa y mayor cantidad de vitamina A, calcio, potasio, cobre, magnesio y fósforo en comparación a la leche de vaca (Haenlein *et al.*, 2004).

El consumo de queso de cabra no es masivo, pero, se sabe de la funcionalidad de la leche por tanto se hace necesario hacer este tipo de estudios que nos proporcionen elementos para conocer el origen de los calificativos positivos a través de la historia.

En la literatura se encuentran estudios de la producción de quesos elaborados con leche bovina; sin embargo, no se verifican investigaciones sobre las características fisicoquímicas de la leche en relación con elaboración y parametrización mediante el uso de leche de cabra en el Norte de Santander (Región de la Garita), para así poder contribuir a establecer un estándar de identidad como un aporte desde la ciencia al desarrollo de la región.

Los estudios concernientes al impacto de la tecnología en la elaboración de quesos y en la composición de grasa, proteínas y ácidos orgánicos tomaron mayor importancia a partir de 1990. Se ha estudiado el valor del queso de cabra desde el punto de vista nutricional, funcional, cultural, gastronómico; por investigadores como Ribeiroa, (2010); Park (2010) Albezio, (2011); entre otros.

Los Planes de Desarrollo nacionales y departamentales vigentes hacen especial énfasis en aquellas acciones tendientes a la transformación del campo mediante estrategias que permitan transferir conocimiento y tecnología al sector productivo, se puede observar la necesidad de ciudadanos capaces de agregar valor a las actividades económicas del país y sus regiones por lo tanto se requiere de la utilización de las capacidades tecnológicas para adquirir, usar, absorber, adaptar, mejorar y generar nuevas tecnologías. Entonces, por qué no utilizar una mayor cantidad de leche de cabra en procesamientos, cuando hay escases de proteína de alta calidad y grasas que permitan un mejor metabolismo benéfico para el organismo humano.

Una buena estrategia es el queso de cabra por su facilidad de manejo y conservación, por otra parte se contribuirá al desarrollo del campo y la región con un producto nutricionalmente idóneo, contribuyendo así a fortalecer el

conocimiento en el área específica de un queso regional absorbiendo técnicas queseras artesanales y contribuyendo a la parametrización del mismo.

Dado que desde lo cualitativo y cuantitativo no existen determinaciones de la composición de leches y quesos de cabra en la región el aporte de la investigación servirá de plataforma para nuevas investigaciones, la elaboración de un queso semimadurado con leche de cabra de la Garita (Norte de Santander) aportara al saber hacer de los queseros, cimentando las bases de parametrización de los quesos, lo que podría contribuir a la solución de problemas nutricionales, con el valor agregado de constituir empresas familiares y autóctonas con características de origen, liderando este proceso a nivel nacional.

Para poder contextualizar el tema se iniciara hablando de los pequeños mamíferos: las cabras, consideradas a menudo por los consumidores como animales ecológicos y que pueden proveer una renta y viabilidad económica a los capricultores alrededor del mundo (Sanz, 2009).

1.1 CAPRINOS

La cabra es un pequeño mamífero rumiante muy importante en el crecimiento económico de la sociedad. De ella se obtiene carne, leche, piel, pelo, estiércol y trabajo; son animales muy prolíficos que se reproducen durante todas las épocas del año (Mareco, 2000).

Las producciones caprinas son parte de un sistema integral de agricultura extendiéndose desde tierras altas hasta tierras bajas, aproximadamente 2,7

millones de cabezas son levantadas para propósitos diversos en Etiopía (Mestawet *et al.*, 2012). En USA la leche total producida por cabras y ovejas representa el 0.08% del total anual de secreción de leche (Milani y Wendorff, 2011). En los últimos dos decenios la producción en Europa occidental se ha incrementado significativamente exigiendo métodos adecuados de preservación y consumo (Heilig *et al.*, 2008). Se estima que la población caprina en América es de 39 millones de cabezas, de las cuales el 57% está localizado en América Latina (FAO, 2005).

La producción de leche de cabra a escala industrial, se ve limitada por los bajos volúmenes y los ciclos estacionales en la secreción de la misma; aun así, la cría de la cabra lechera es parte esencial de la economía de países como Francia, Italia, España y Grecia (Park *et al.*, 2013).

1.1.1 Razas caprinas en el mundo. Las formas de clasificación de los caprinos son múltiples, pero quizás la más completa es según su aptitud productiva. Para poder diferenciar razas es importante fijarse en características físicas como: color del cuerpo y en especial de la cara, orejas y extremidades, tamaño e inclinación de las orejas, pelaje, presencia de cuernos.

En cuanto a las razas lecheras el cuerpo es largo, alto y fino, proporción cuneiforme, piel sedosa y suelta, pelo fino, ubre bien desarrollada de piel fina (Mareco, 2000). Se hablara a continuación de aquellas razas de interés en la presente investigación:

Saanen. Es una cabra de las montañas suizas, de color blanco o crema, pelaje corto y fino. Es una raza pacífica y tranquila, de tamaño mediano, pero más grandes que las Toggenburg, con orejas cortas y rectas, los cuernos pueden o no

estar presentes. Se desarrollan mejor en climas fríos, ya que son muy sensibles al calor, se considera que es la mejor raza en producción láctea (3 litros al día en promedio), las Saanen producen de 880 a 900 L en periodos de lactancia de 275 a 300 días, con un porcentaje de grasa de 3.5 a 4% (SENA, 2011).

Alpina. De origen suizo, la mayoría son de color blanco con negro y blanco con café, pero pueden presentar otros colores, sus orejas están erectas y sus cuernos son medianos y se dirigen hacia atrás, el animal de pelo corto, el tipo gamuzado es el más corriente. La cabra Alpina es una gran lechera de tamaño medio, rústica, se adapta perfectamente tanto en estabulación, como en pastoreo o a la vida en montaña. Se ubica en el segundo lugar en la escala de producción de leche; siendo en promedio de 675 a 900 L en un periodo de lactancia de 250 a 300 días (SENA, 2011).

1.1.1.3. Nubiana. La cabra Nubia es "todo-propósito" buena para la carne y para la leche, aunque la Nubia da menos leche que las suizas, se compensa porque su leche tiene una grasa 4% a 5%. La Nubia se acopla mejor a lugares calientes y tropicales donde se ha comprobado que tienen mejor rendimiento en carne y leche, es una cabra relativamente grande. Cualquier color sólido o parcialmente coloreado es permitido en la Nubia, siendo los colores negros, rojos o amarillentos los más comunes y todos los colores anteriores pueden estar combinados con el color blanco, la cabeza es la parte característica de esta raza con un perfil facial entre los ojos y el hocico de forma convexa; las orejas son largas (más de 3 cms. abajo del hocico) anchas y pendulares, su pelo es corto y fino (SENA, 2011).

Guzmán (2012) indica que la cabra llegó a Colombia procedente de España hacia el año 1575. Las cabras han tenido un papel significativo en el desarrollo del sector pecuario del país y son parte fundamental en la alimentación humana

1.1.2 Los Caprinos en Colombia. Algunas de las razas lecheras y de doble propósito más representativas en nuestro país son:

Criolla: El cruce de diferentes razas a través del tiempo, en el mismo lugar dio origen a la cabra que actualmente se conoce como criolla. Este tipo de cabra se cría y desarrolla fácilmente, pero no es muy buena productora de leche ni de carne. Por esta razón, es necesario desarrollar un esquema de mejoramiento genético, con el fin de mejorar sus características productivas (Guzmán, 2015)

Criolla sabanera: Se encuentra en las sabanas de la Costa Norte, no tiene color definido pero sí abunda el color oscuro.

Criolla Guajira: Se ha formado en el terreno árido de la Guajira, son de un tamaño intermedio entre la sabanera y la santandereana

La Santandereana: es una raza criolla de caprinos al norte de Colombia, que posee características reproductivas que permite que las hembras tengan un parto y en muy pocos días entren nuevamente en celo, quedando preñadas nuevamente, lo que asegura que tengan dos partos al año.

Criolla Norteña: Es una nueva variante de la presentación de las razas criollas, se encuentra en el Norte de Santander, especialmente en los alrededores de Cúcuta, son cabras que se han explotado pensando en la producción de leche (Guzmán, 2015).

1.2 CADENAS PRODUCTIVAS EN COLOMBIA

La cabra es uno de los animales domésticos de más amplia distribución geográfica, debido a su extraordinaria capacidad de adaptación a diferentes condiciones de clima, vegetación y manejo. Así la explotación caprina puede estar dirigida a la producción de leche y carne, sólo carne o leche.

La cadena de Caprinos en Colombia se caracteriza por una estructurada interacción entre sus eslabones y está dividida en dos sistemas de producción, el primero se dedica a la producción de cárnicos y productos artesanales, el segundo sistema se dedica a la producción de leche y sus derivados. Es común encontrar productores dedicados a los dos sistemas productivos.

La producción de leche caprina en Colombia en la mayoría de los casos es recolectada en forma manual. El destino de esta leche es principalmente la elaboración de quesos artesanales y una parte al consumo local, constituyéndose en algunas zonas del país, como único alimento lácteo. En la zona de estudio, según datos de la asociación de Capricultores, la capricultura ha perdido interés entre los campesinos de la región, la recolección y procesamiento de los bajos volúmenes producidos sigue siendo artesanal y de consumo local (Carrero, 2004).

1.3. ZONAS DE PRODUCCIÓN.

La producción caprina en el país se distribuye de manera atomizada en todos los departamentos, sin embargo hay zonas descritas con mayor actividad productiva. La geografía y el clima para la producción de estas especies es muy diverso y se

resalta además su capacidad de adaptación a climas, geografía y nutrición que otras especies no podrían.

La Zona de la Costa Atlántica. Constituida por los departamentos de la Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre y Córdoba, son departamentos con una participación importante dentro del total nacional.

Los Santanderes y Cesar. Culturalmente se han caracterizado por ser departamentos productores y consumidores de carne ovina.

El altiplano cundiboyacense. También se caracteriza por ser una zona importante de producción (Guzmán, 2015).

1.4. LA LECHE DE CABRA

La leche de cabra ha contribuido en el bienestar económico y nutricional de muchos países especialmente en el mediterráneo, oriente medio, Europa del este oriental y algunos países Suramericanos. La producción de leche de cabra con respecto a la leche de vaca va en una proporción de 1:3 entre países desarrollados y no desarrollados respectivamente (Serhana *et al.*, 2010).

Dependiendo de las razas y de las condiciones de producción una cabra puede dar desde 0.83 kg/día como el caso de las somalíes hasta 5 Kg/día en condiciones intensivas, mientras que, en Colombia con las mismas condiciones de producción y raza en la zona de evaluación no pasan de 3 litros por día.

Por otra parte, la demanda de leche de cabra ha ido en aumento debido a sus características en cuanto a acidez, menor sensación trigémina, más solubilidad, sabor persistente, presencia de descriptores vegetales relativos a fruta seca transformándose en una alternativa alimentaria y cosmética (Raynal *et al.*, 2008). Sus productos generan popularidad entre grupos étnicos, gourmet y amantes de alimentos naturales (Ribeiroa, 2010).

La leche es un líquido segregado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos y contiene todos los nutrientes necesarios para el desarrollo del recién nacido (Revilla, 1985).

1.4.1. Composición y Propiedades. Estudios referenciados por Sanz *et al.*, (2007), Heilig *et al.*, (2008) reportan que la composición de la leche de cabra se ve influenciada por el tipo de dieta y su calidad en cuanto a componentes va depender de la cantidad y naturaleza de la alimentación. Por otra parte, Park *et al.*, (2008) comparando leche de vaca, oveja y cabra determinaron que la composición de la leche de vaca puede sufrir cambios mínimos a lo largo del año, mientras que la producción de leche de cabra depende de la estacionalidad.

De acuerdo a Morand *et al.*, (2007) la composición de macro y micronutrientes en la leche de cabra depende de los factores de producción tales como: la dieta, la raza, los individuos, condiciones agroclimáticas, ambiente socio-económico junto con los métodos de producción (alimentación y ordeño).

La leche de cabra presenta contenidos de sólidos totales, grasas, aminoácidos esenciales (valina y leucina) y minerales más altos en comparación con la leche de vaca. En cuanto a los nutrientes principales se evidencian diferencias específicas tales como la utilización nutricional y grado de digestibilidad de las

proteínas más altas, parece ser debido a la diversidad de las fracciones de caseína (Revilla, 1985).

Debido al tamaño más pequeño de los glóbulos de grasa en comparación con leche de vaca (3,49 μ m frente a 4.55 μ m respectivamente) la leche de cabra se digiere más fácilmente Haenlein, (2001). La composición específica de la grasa de la leche de cabra y una mayor superficie de contacto en sus glóbulos grasos facilita el ataque de las lipasas intestinales, mejorando la eficiencia del metabolismo de los lípidos. Asimismo, la presencia de triglicéridos de cadena mediana especialmente los ácidos grasos caproíco, caprílico y caprino permiten un mejor metabolismo benéfico para el organismo humano (Sanz *et al.*, 2008, De Souza, 2009).

El porcentaje de lactosa en la leche de cabra es de 0.2 a 0.5% más bajo que la leche de vaca, la lactosa favorece la adsorción intestinal de calcio, magnesio y fósforo y la utilización de vitamina D (Goetsch *et al.*, 2011).

La densidad de la leche de cabra es más baja que la leche de ovejas, mientras que ambas tienen más alta la gravedad específica, viscosidad, acidez titulable e índice de refracción relacionándose con la distribución posicional de los carbonos mayores de C10 en posición Sn-2, mientras que el punto de congelación es más bajo comparando con la leche de vaca.

La leche de cabra tiene más bajo Reichert Meisse y más alto Polienske comparando con leche de vaca sugiriendo que la leche de cabra contiene menos ácidos grasos volátiles (Ham *et al.*, 2010).

En cuanto a los lípidos tienen características físicas más altas que la leche de vaca. Los nucleótidos importantes en la biosíntesis de la leche son notablemente altos en leche de cabra comparados con otras leches incluida la humana (Park *et al.*, 2006).

El nitrógeno no proteico es más alto en leche de cabra que en leche de vaca. (Park *et al.*, 2006).

Los contenidos minerales de la leche de cabra son mucho más altos que la leche humana. La leche de cabra contiene cerca de 134 mg de Ca y 121 mg de P por cada 100 de producto (Park *et al.*, 2006) y en el proceso de elaboración del queso se registra una importante pérdida en el lactosuero, por otra parte la maduración significa un incremento de los mismos (Peláez, *et al.*, 2003, Almenara *et al.*, 2015).

Comparada con la leche de vaca, la leche de cabra tiene deficiencias importantes en ácido fólico y vitamina B12 (el folato es significativo para la síntesis de la hemoglobina), la leche de vaca y la de cabra ambas son deficientes en vitamina C y D (Park *et al.*, 2006).

La leche de vaca con respecto a la leche de cabra tiene un mejor valor de saponificación y ligeramente un mayor índice de refracción relacionándolo con la distribución posicional de los carbonos mayores de C10 en posición Sn-2. La leche de cabra tiene más bajo Reichert Meisse y más alto Polienske comparando con leche de vaca sugiriendo que la leche de cabra contiene menos ácidos grasos volátiles (Ham *et al.*, 2010).

1.5. TECNOLOGÍA QUESERA

Desde el punto de vista tecnológico los factores sobresalientes a tener en cuenta en la composición de la leche de cabra son los contenidos bajos de caseína, el pH, el Ca y la baja estabilidad calórica. El uso de leche de cabra en la tecnología quesera difiere en la formación del gel poco firme. Su importancia radica en el interés nutricional por su proteína de alta calidad, grasa de gránulos más pequeños, vitaminas y minerales tales como el hierro, Calcio y fosforo (Kcukcetin *et al.*, 2011).

Las características fisicoquímicas de la leche de cabra están relacionadas con la especie en particular y son responsables de las diferencias en la tasa y tiempo de coagulación, la firmeza y la cantidad de cuajo necesitado. Las micelas cabrerizas de caseína contienen más calcio teniendo una influencia significativa en las características reológicas, la velocidad de coagulación y la consistencia débil del gel que aunque este último es beneficioso para la digestión humana disminuye el rendimiento quesero (Park, 2006)..

Lucas *et al.*, (2008) especificaron las relaciones entre especie animal y los componentes hidro y liposolubles de leches de cabra y vaca encontrando que la variabilidad en la composición de los quesos en cuanto a constituyentes solubles en grasa como los ácidos grasos, carotenoides y vitamina A, están influenciados por factores relacionados con las condiciones de secreción de la leche, mientras que los componentes solubles en agua están influenciados por el proceso de elaboración de quesos.

En la tecnología quesera es normal encontrar mezclas de leche de cabra con otras leches, especialmente de vaca, esto, con el fin de aminorar sabores objetables.

1.6. QUESO DE CABRA

Se puede afirmar que el queso es un alimento saludable, con un sabor y textura única y constituye una estrategia factible para el desarrollo rural (Golcalvez, *et al.*, 2011). Este alimento incorpora características de la sociedad que los produce, pues en el converge la cultura y la tradición alimentaria de los pueblos (Alais, 1984). La historia muestra como las comunidades a través del tiempo se fortalecieron en torno a los alimentos, o se debilitaron ante su ausencia.

Los quesos de cabra son buenos proveedores de proteína, energía, grasa de buena calidad, minerales y vitaminas A y E, aunque la biodisponibilidad de estos elementos no han sido ampliamente estudiados (Raynal *et al.*, 2008). Por otra parte los quesos de leche de cabra son fuente de vitamina B especialmente la B2 (cuidado del tejido fino, la visión) y la B9 (formación de glóbulos rojos, células del sistema nervioso) encontrándose que esta vitamina (folato) se presenta más en quesos de tipo lácticos, destacándose que la mencionada vitamina no se encuentra en la leche cruda (Lucas *et al.*, 2006).

En la mayoría de los países mediterráneos la leche de cabra cruda representa un significativo porcentaje en la manufactura de quesos madurados. Su producción se realiza en fábricas artesanales con técnicas tradicionales (Buffa *et al.*, 2001). El queso de leche de cabra se desarrolló por tradición pero también por la modernidad, en los últimos años, ha sufrido transformaciones de embalaje, formas de consumo, peso, condimentos. Los productos de leche de cabra pueden proveer una provechosa alternativa dado su sabor específico, textura y nota saludable (Raynal *et al.*, 2011).

En EEUU se pudo identificar que en el área de lecherías caprinas hay falta de calidad y genética responsable comparado con la larga historia de tecnologías para vacas lecheras, faltan mercados desarrollados para animales entresacados, los precios de la leche están por debajo de los costos de producción, además que para la producción de quesos se realizan mezclas de leches de vaca, oveja y cabra (Milani *et al.*, 2011).

A diferencia de otros países Francia procesa casi toda la producción de leche de cabra en queso sin adición de leches de otras especies, dando como resultado quesos suaves y pequeños después de una coagulación lenta, ocupa el primer puesto en la comunidad Europea en cuanto a tecnologías de este tipo, llegando en el 2010 a 630 millones de litros. Estos quesos se caracterizan por su diversidad de apariencia, su típico sabor y las mil formas de consumo que representan un universo por sí mismos y una ingesta de 3 a 6 gramos de proteína por cada 30 gramos de producto, catorce de ellos tienen designación protegida de origen, (Raynal *et al.*, 2011).

En la isla de Tenerife (España) se caracterizaron fisicoquímicamente los quesos frescos allí elaborados, para determinar la posible influencia de la ubicación de las unidades productoras en parámetros tales como proteínas, materia grasa entre otros (Peláez, 2003).

En el Líbano, para contribuir a la preservación del patrimonio lechero, se caracterizó una variedad tradicional de queso de cabra (Darfiyet), elaborado con leches crudas que se maduran en la piel del animal de origen después de 30, 40 y 60 días de maduración analizando los cambios en cuanto a la hidrólisis proteínica y la fracción volátil. Los resultados demostraron que en este tipo de queso, los ácidos grasos presentes son parecidos a los encontrados en otros tipos de quesos

de cabra: oleico, palmítico, esteárico y el más abundante el caprílico. Se encontró, además, que los parámetros sensoriales dados por los compuestos volátiles le dan su denominación de origen por sus particularidades organolépticas (Serhana *et al.*, 2010).

La leche de cabra es utilizada para la manufactura de queso en muchos países de Latinoamérica, incluyendo: Ecuador (Pesantez *et al.*, 2014), Argentina (Frau *et al.*, 2012), Venezuela (Duran *et al.*, 2010), México (Torres *et al.*, 2007) concordando que la calidad y los atributos sensoriales de los quesos artesanales varia como consecuencia de la falta de estandarización de los procesos de fabricación y la composición de la materia prima. El impacto de la elaboración de quesos en el valor alimenticio ha cambiado y los datos al respecto han variado ayudado por el mejoramiento de las técnicas de análisis (Park *et al.*, 2006, Toyas *et al.*, 2013).

Además, el valor nutritivo de los quesos y sus características tecnológicas están determinados por la leche de partida, pero, el factor que más incide es la variación en la elaboración de los mismos (Martín, V. 2012).

El interés por promover el consumo de derivados lácteos caprinos ha llevado a investigaciones donde se caracterizaron y estandarizaron este tipo de productos llegando a la conclusión que aparte de la senda favorecida de su metabolismo, el queso caprino posee un adecuado desempeño sensorial comparado con quesos vacunos (Draksler *et al.*, 2002; Chacón *et al.*, 2008). La identificación y estandarización de los quesos caprinos, es cada vez más frecuente debido entre otros a la certificación de origen (Castañeda, 2002).

El queso se obtiene por coagulación de la leche, seguida de separación del suero y posterior maduración (ligera o intensa) con ayuda de microorganismos

especiales. Desde el punto de vista nutricional es considerado como un producto rico en nutrientes esenciales en relación con su contenido energético, materias nitrogenadas, calcio, fósforo y vitaminas con un perfecto equilibrio entre grasas y proteínas de alta calidad (Revilla, 1985; De la Fuente y Juárez, 2001).

Un buen queso dependerá esencialmente de la cuajada y de la maduración. En todo el mundo existen unos 2.000 nombres de quesos y unas 400 clases basados en los procesos de obtención. En términos generales la clasificación de los quesos se puede hacer teniendo en cuenta factores tales como los microbiológicos (composición de la microflora vista desde un aspecto dinámico), bioquímicos (concentración de las enzimas del cuajo, de las bacterias, levaduras y mohos), fisicoquímicos (temperatura, pH y efectos osmóticos) y mecánicos (corte, agitación, trituración y frotamiento) Revilla, (1985).

Adaptando lo establecido por Spreer (1991) y Alais, (1984) y Novoa, (2009) y lo reglamentado en Colombia, los quesos pueden ser clasificados como se enumera a continuación:

- ***Según la procedencia de la leche:*** (vaca, cabra, oveja).
- ***Composición:*** Proporción de extracto seco, agua, Ca, grasa.
- ***Según el procedimiento de cuajado*** (acidificación, cuajo, combinación de ambos procedimientos).
- ***De acuerdo a la consistencia.*** Contenido en agua de la materia seca magra en términos de porcentaje (Pasta dura, firme y blanda). Asimismo según la Resolución 2310 de 1986 emanada del Ministerio de Agricultura de Colombia en su capítulo VII del queso, Artículo 42, determina que el queso según el

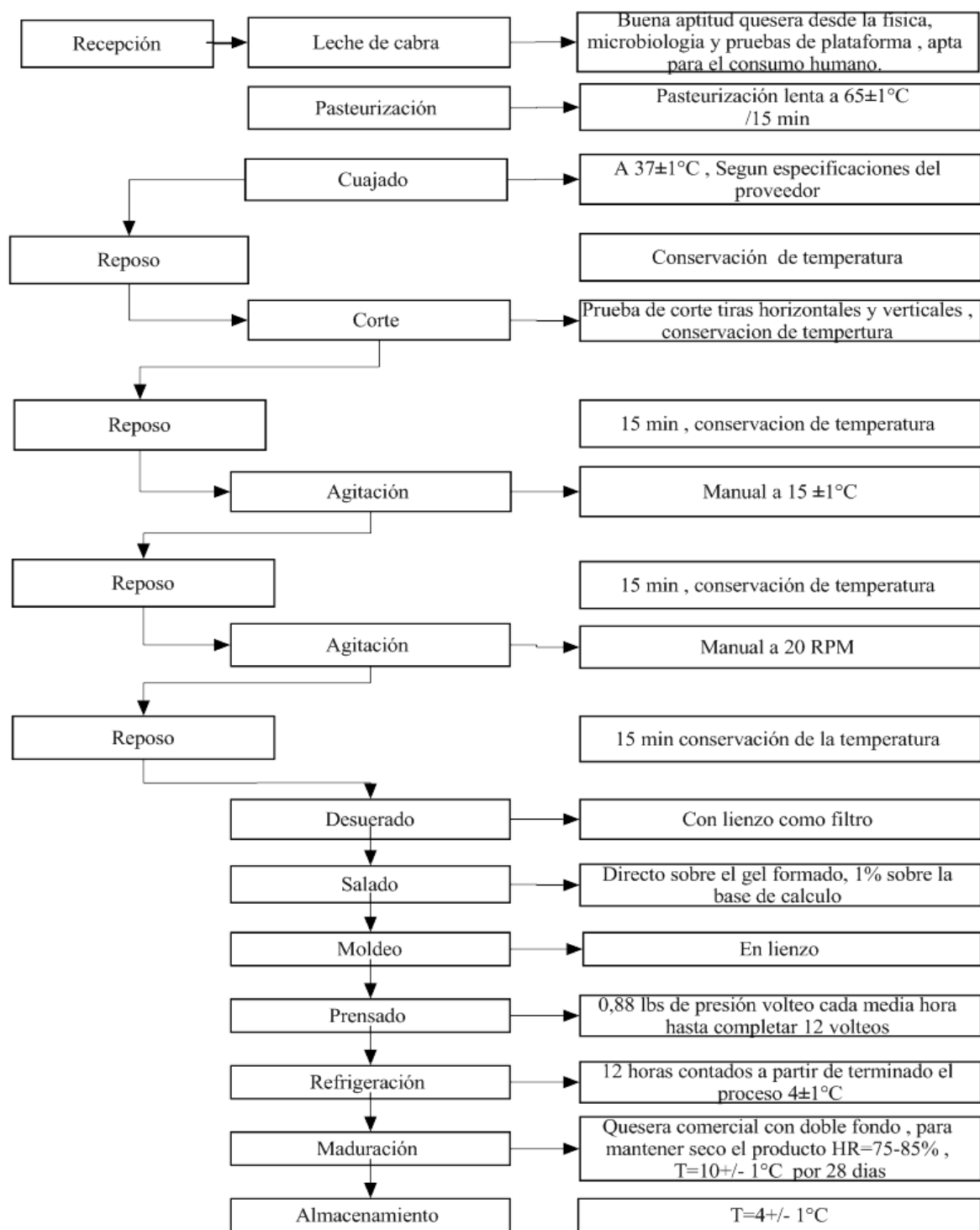
contenido de humedad puede ser clasificado en blando, semiblando, semiduro y duro.

- **Proceso de maduración:** madurados y sin madurar. Asimismo, se toma la definición de la Resolución 2310 de 1986 emanada del Ministerio de Agricultura de Colombia en su capítulo VII del queso.

Semimadurado: Es el producto higienizado que después de su fabricación se mantiene un tiempo mínimo de diez (10) días en condiciones ambientales apropiadas para que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos característicos de este tipo de queso.

Madurado: Es el producto que después de su fabricación permanece un tiempo determinado en condiciones ambientales apropiadas para que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos característicos de este tipo de queso.

La gráfica 1, presenta el flujograma de proceso utilizado para la elaboración del queso de cabra evaluado, además de una descripción detallada del mismo.



Grafica 1. Flujograma de proceso para la elaboración de queso artesanal de cabra semimadurado

Fuente: El Autor adaptado de Scholz (1995); Alais, 1984

1.6.1. Selección de la leche de quesería: La calidad de la leche puede definirse como el potencial que esta posee para ser sometida a un tratamiento Tecnológico (Frau et al., 2012).

La leche de quesería debe reunir ciertas condiciones pudiéndose destacar la predisposición para el cuajado o una buena aptitud quesera, es decir la cualidad de ofrecer un medio de cultivo apropiado para el desarrollo de los procesos bioquímicos y fermentativos propios del proceso. Una buena aptitud quesera está relacionada con factores tales como: El pienso, fase de lactación, estado sanitario de las cabras, ordeño y tratamiento de la leche.

Asimismo, los resultados de los controles de recepción desde el punto de vista fisicoquímico deberán ser normales especialmente en lo que respecta al equilibrio de las sales presentes, contenidos de proteínas coagulables altas relacionadas con el porcentaje de sólidos totales presentes y sin presencia de sustancias inhibitoras.

Se deben hacer pruebas rápidas de coagulación en tubos de ensayo agregando cuajo a un volumen de 10 a 20 cc de leche para observar la formación de coágulo en un tiempo no mayor de 15 min (Revilla, 1985).

Por lo expuesto la leche debe corresponder a la Secreción de las glándulas mamarias de cabras sanas, higiénicamente obtenida estandarizada según requerimientos legales y de consumo, sometida a pasteurización lenta.

1.6.2. Pasteurización: mejora la calidad de los quesos obtenidos por que facilita el desarrollo de las cepas inoculadas, aumenta el rendimiento de la leche por la

desnaturalización de las proteínas solubles (Novoa, 2009). La calidad de la leche puede definirse como el potencial que esta posee para ser sometida a un tratamiento Tecnológico (Frau *et al.*, 2012).

Para la pasteurización de la leche utilizada en la elaboración del queso evaluado se tomó como referencia lo determinado por Heilig *et al.*, (2008) quien demostró a nivel de laboratorio que la leche de cabra tiene baja estabilidad calórica presentando mejores resultados frente a tratamientos directos de pasteurización lenta, por lo tanto se aplica bajas temperaturas.

No se agrega cultivos iniciadores para conservar la técnica artesanal del queso evaluado. En cuanto a los Aditivos, se utilizó cloruro de Calcio (Cl_2Ca) ya que el calentamiento reduce la aptitud para la coagulación, por lo tanto el cloruro de calcio es un buen coayudante de la coagulación de leches pasteurizadas en una proporción de 0.008% por litro de leche sin llegar a pasar de 0.2 gramos por litro (Revilla, 1985; Novoa, 2009).

1.6.3 Coagulación. Para poder precipitar las proteínas de la leche, especialmente la caseína, es necesario provocar su coagulación. Las micelas de caseína, que están en solución coloidal, se agrupan para transformarse en un gel. Los geles tienen consistencia semisólida y gelatinosa dotada de cierta estabilidad y elasticidad (Spreer, 1991).

Para Spreer, (1991) la importancia del gel formado en la coagulación de la leche radica en su influencia sobre las etapas posteriores en la elaboración del queso (separación del suero, maduración, formación de ojos).

La caseína puede coagularse siguiendo dos técnicas distintas: Por acción de los ácidos (coagulación ácida) y por medio de enzimas (coagulación enzimática) (Alais, 1984). La coagulación enzimática es la utilizada en la presente investigación por lo tanto se expone el fundamento teórico.

1.6.3.1. Coagulación enzimática: Las caseínas constan de diferentes fracciones que forman un complejo con el calcio. En su conjunto constituyen las llamadas micelas de caseínas.

La caseína K es insensible al calcio y actúa de coloide protector, debido a que una parte de ella, la integrada por proteasas (Nitrógeno no proteico NPN) penetra en la fase acuosa de la leche y forma una capa hidratada en virtud de su capacidad hidrófila, dicha capa hidratada es asiento de la misma carga eléctrica por lo tanto las caseínas se repelen y la coagulación se da en dos fases: Fase enzimática o primaria y fase de coagulación o secundaria.

En la fase enzimática el coloide protector representado por la caseína K disocia las proteasas desapareciendo la capa hidratada y por lo tanto cesando la protección.

En la fase secundaria se forman puentes salinos, a temperatura favorable, entre las micelas de caseína sensibles al calcio, gracias a iones de este metal, produciéndose la coagulación.

El gel originario es tridimensional y se compara con una esponja de poros finos. Del complejo caseinato cálcico en solución coloidal resulta una matriz de paracaseinato cálcico, insoluble en agua debido a la coagulación enzimática

irreversible, conocido con el nombre de *cuajada* o *gel* de tipo enzimático, representando la caseína propiamente dicha (Spreer, 1991, Revilla, 1996). Referente a la aptitud para la coagulación de la leche de cabra se ha demostrado que es más breve, con consistencia débil del gel incluso con contenidos igual de caseínas (Park, 2006).

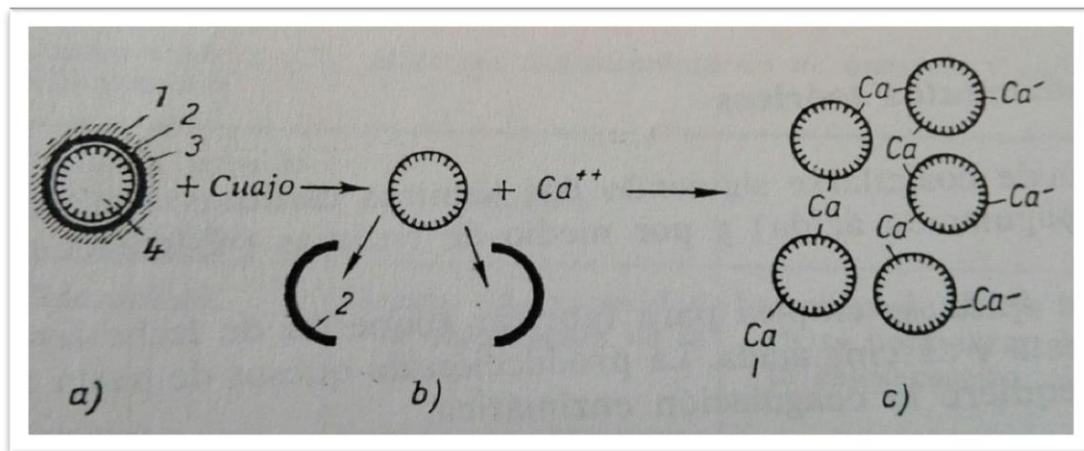


Figura 1. Coagulación de la caseína según Payens

Fuente: Spreer, (1991).

La figura 1 representa esquemáticamente la coagulación según la teoría del coloide protector de Payens donde **a** es la micela intacta de proteína, **b** partícula de proteína desprovista de coloide protector, **c** gel de tipo enzimático (paracaseínato cálcico), **1** la capa hidratada, **2** proteasas parte hidrófila de la caseína K, **3** parte sensible al calcio de la caseína K, **4** otras fracciones proteicas sensibles al calcio especialmente caseína α_{s-1} .

Respecto a la caseína α_{s-1} . La leche de cabra se caracteriza por contenidos más bajos (Milani *et al.*, 2002) comparados con leche de vaca influyendo en la formación débil del gel y por lo tanto en el proceso tecnológico.

Entre los Factores que intervienen en la coagulación enzimática de la caseína se puede afirmar que la coagulación enzimática está dada por la relación existente entre la cantidad de cuajo, la temperatura y la acidez. La cantidad de cuajo a adicionar va a depender de la clase de queso y la fuerza del cuajo, expresado como las partes de leche que puede coagular una parte de cuajo en un tiempo determinado, bajo la fórmula siguiente:

$$L = \frac{V \cdot 1000 \cdot 2400}{mz}, \text{ siendo}$$

L= Fuerza del cuajo en ml/mgs

V= volumen de leche en mililitros

m= cuajo añadido en mg.

Z= tiempo de coagulación en segundos

La temperatura de coagulación en términos generales varía entre 28 y 34 grados según los referentes teóricos, inclusive en la fase primaria pueden darse coagulaciones a 10°C (Alais, 1984; Spreer, 1991; Revilla 1996; Fox *et al.*, 2000); por experiencia quesera en la zona de la investigación se manejan temperaturas optimas hasta 41°C, para el estudio se determinó preliminarmente dentro de los parámetros de producción con el objetivo de mejorar la consistencia de gel. La temperatura influye sobre el tiempo de coagulación, capacidad de hidratación, contracción y acidificación de la cuajada surtiendo un efecto sobre todo en la fase secundaria.

La figura 2. Muestra la curva formada cuando se relaciona temperatura y coagulación enzimática según Fleismann y Wiigmannde.

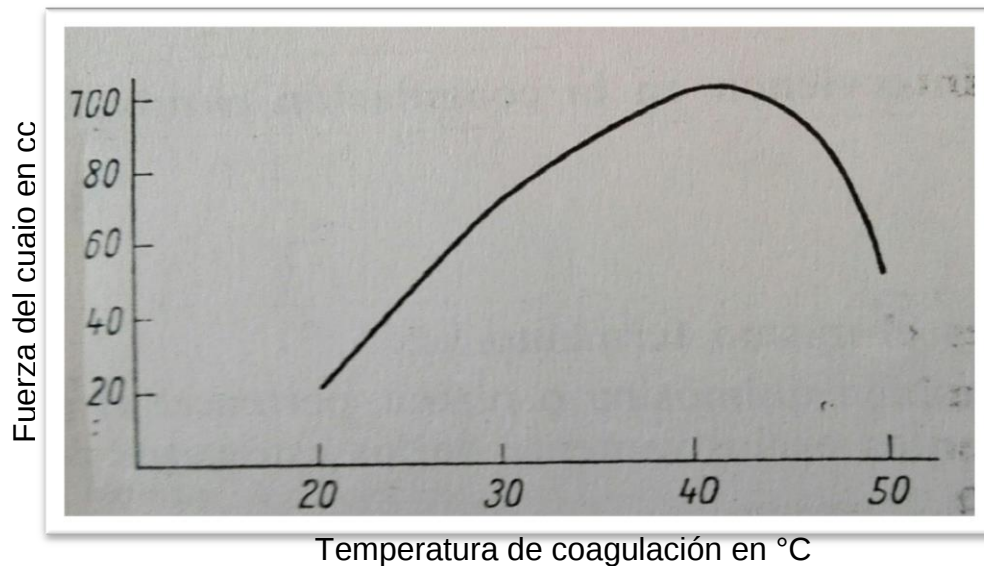


Figura 2. Relación entre la temperatura y la coagulación enzimática

Fuente: adaptado de Spreer, (1991).

Fundamentos teóricos del tratamiento de la cuajada.

- **Hidratación:** El gel resultante de la coagulación fija una gran cantidad de agua (suero), otra parte se encuentra en los espacios capilares entre las partículas de caseína (agua capilar). La cantidad de agua es mayor entre más fina sea la malla reticular del gel, el agua capilar permanece en el queso y su importancia radica en su influencia en parámetros como la acidez, la maduración y la proporción acuosa del producto final.
- **Sinéresis:** Propiedad que tiene el gel de contraerse. La sinéresis origina inicialmente *la tensión de contracción*, que estrecha las cavidades llenas de suero, aumentando la *presión de contracción del suero* facilitando el desuerado, la exudación del suero encuentra resistencia por parte de la red de paracaseinato dicha resistencia va a depender de la solidez de la cuajada. Cuanto más bajo el pH mayor es la contracción y la cuajada y la exudación del suero.

1.6.4. Corte y Desuerado. La fragmentación del gel tiene la finalidad de conseguir mayor superficie libre para facilitar la evacuación del agua de las cavidades y la sinéresis. El gel debe poseer una buena solidez, elasticidad y textura al final de esta etapa.

La gran variedad de quesos se explica en el arte y la ciencia quesera (Alais, 1985), el éxito en la elaboración de quesos artesanales, depende de una buena apreciación de la cuajada en el momento de la ruptura, en el corte la ciencia fija los límites de los factores mecánicos sin desestimar el arte que le da valor agregado a un alimento milenario, ancestral, realizado por artesanos de tradición como es el caso del queso evaluado. Con el desarrollo de las nuevas técnicas de análisis de perfil de textura y el uso de la reología es posible cuantificar y estandarizar dicho proceso (Alais, 1984; Spreer, 1991; Revilla 1996; Fox *et al.*, 2000).

El queso es una matriz formada por grasa, proteína, agua y otros elementos. El agua actúa en forma de pegante aumentando la plasticidad o disminuyéndola (Prentice, 1992).

Por lo expuesto, el corte se realiza por medio de liras en forma horizontal y vertical en ese orden, el tamaño del corte dependerá del tipo de queso, en el producto evaluado el corte es pequeño y debe hacerse de tal forma que la matriz formada facilite la sinéresis sin pérdida de nutrientes y sólidos en el suero, conservando las características texturales deseadas en el producto final.

Para el procesos de elaboración del queso evaluado mediante TPA se estableció preliminarmente un corte después de 30 minutos, dejando en reposo por diez minutos al cabo de los cuales se agita el coagulo, dejando nuevamente en reposo

por diez minutos más y conservando la temperatura para mejorar la consistencia del gel.

En la figura 3 se puede observar la sinéresis de un gel coagulado a alta temperatura ($40^{\circ}\text{C} \pm 1$), formando un gel no homogéneo. En un proceso de coagulación normal se deben observar líneas de corte formando cuadros regulares, por la influencia de la temperatura alta se forman curvas discontinuas en diferentes direcciones.



Figura 3. Sinéresis en leche de cabra coagulada a $40^{\circ}\text{C} \pm 1$

Fuente: El autor

Por otra parte, la figura 4 muestra la cuajada obtenida después de la separación del suero y antes del salad, observándose conglomerados formados por gránulos pequeños característico de quesos elaborados con leche de cabra

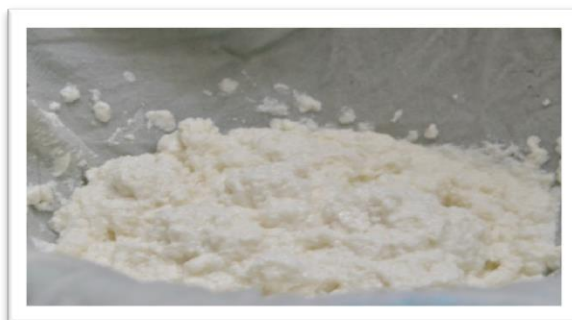


Figura 4. Cuajada de leche de cabra después de la separación del suero
Fuente. El autor

1.6.5. Salado. La adición de sal contribuye al sabor, evita la proliferación de microorganismos, ayuda a completar el desuerado, contribuye a la formación de la corteza por su acción higroscópica e influye en la acción de las enzimas durante la maduración. La forma de efectuar el salado y la concentración de sal influye en las características y aspecto final del queso. El contenido de sal varía entre 1 y 6% y se puede aplicar directamente a la leche, a la cuajada antes de la separación del suero, a la cuajada después de la separación del suero, directamente en la superficie del queso, en inmersión en salmuera (Novoa, 2009).

1.6.6. Moldeo y prensado. Se realiza para dar forma y solidez a los quesos, antes o después del salado. La prensa va desde cualquier objeto pesado hasta las prensas neumáticas, se utilizan lienzos entre el molde y el queso para mejorar texturas de la corteza y un mejor desuere (Novoa, 2009). El valor de las libras de presión a utilizar se determina como el doble del peso del queso.

El tamaño del queso depende de su dureza final. Los quesos de pasta blanda (escaso extracto seco) son pequeños para que puedan desuere con facilidad, conserven la cohesión y maduren bien. Los de pasta firme y dura deben tener un tamaño mayor de lo contrario podrán desecarse durante la maduración (Delgado *et al.*, 2012).

1.6.7. Maduración. La maduración o envejecimiento de los quesos es un proceso muy complejo que involucra fenómenos tales como proteólisis, lipólisis, fermentaciones lácticas, reacciones ácidos-básicas. Al término de la maduración se deben lograr las características organolépticas deseadas (Alais, 1984; Spreer, 1991; Revilla 1996; Fox *et al.*, 2000; Delgado *et al.*, 2012).

Los cambios bioquímicos que se producen a lo largo de la maduración son de gran importancia para el desarrollo de la textura y las propiedades sensoriales deseadas (Álvarez, *et al.*, 2011). Las modificaciones en la maduración son la pérdida de humedad, destrucción total de la lactosa, neutralización o desaparición parcial del ácido láctico, elevación del pH, solubilización parcial de la caseína, hidrólisis parcial de la grasa y formación de la corteza (Novoa *et al.*, 2009).

Las modificaciones que experimenta el queso durante la maduración dependen también de la forma y el tamaño del mismo. La relación superficie y peso es una característica importante sobre todo en quesos de pasta blanda, cuanto más delgado el queso más rápida y regular es la maduración.

Desde el punto de vista del desarrollo de microorganismos durante la maduración, tras el desuerado el queso contiene una gran variedad de bacterias lácticas y estreptococos estos últimos influyendo en la formación de aroma con un papel relativamente bajo. Dependiendo de las condiciones de las cavas la microflora es diversa otorgándole características propias a cada variedad de queso, en quesos de cabra de mayor maduración se pueden encontrar mohos azules.

Los controles durante la maduración para el logro de un producto de características sensoriales y fisicoquímicas aceptables. En esta etapa la humedad relativa del aire en quesos de pasta firme, frescos oscila entre 75-85% y la temperatura entre 10 y 20°C $\pm$ 1, por otra parte los volteos deberán ser frecuentes para asegurar la forma y una humedad uniforme en cada una de las caras.

Al final del desuerado la pasta tiene una reacción ácida y las pastas blandas tienen un pH bajo, próximo al punto isoeléctrico de la caseína (5-5.3) conservando

calcio y fosfatos en cantidad apreciable, concediéndole al medio poder de neutralización. Un queso de larga duración su pH no sube por encima de 5.6.

Dentro de la proteólisis y lipólisis la solubilización de la caseína es el fenómeno más importante porque afecta la textura y el sabor, teniendo como consecuencias que la masa de queso se vuelva más blanda y untuosa y que se presenten productos de la degradación de la caseína ácidos, aminos y amoniacos. Por su parte, la hidrólisis de la grasa influye en la formación de la aroma pero no en la textura.

En el aroma y en el sabor de los quesos, los componentes son difíciles de distinguir, los métodos analíticos cromatográficos han contribuido a su caracterización y en términos generales los productos finales de la proteólisis son sápidos, las peptonas amargas y la proteína es casi insípida teniendo influencia junto con la grasa en la dilución, mezcla y suavidad de los diversos sabores.

Los estudios sobre el aroma del queso se ven explicados desde la estacionalidad y se puede encontrar que el sabor del queso es mejor en otoño (Lebecque *et al.*, 2001)

Aunque el rendimiento del queso ha sido estudiado en diferentes trabajos dando origen a diversas fórmulas que tienen en cuenta la composición del mismo, para efectos prácticos se determinó adaptar la fórmula de Fleischmann mediante la división del volumen de leche utilizada sobre los gramos de queso obtenido y el resultado se da en términos de porcentaje.

1.7. CARACTERÍSTICAS DE TEXTURA Y COLOR

Las características de textura y color son criterios importantes en el análisis de la evolución de la calidad de los quesos (Lebecque *et al.*, 2001), ya que muchas propiedades de textura están relacionadas con las propiedades mecánicas de los alimentos se hace necesario su análisis para el control de procesos y el mejoramiento de los existentes (Lu y Chen, 1998).

La reología estudia el flujo y la deformación de la materia y su campo abarca las propiedades mecánicas de sólidos, semisólidos y líquidos (Álvarez *et al.*, 2007), el queso tiene un comportamiento viscoso y solido a la vez es considerado viscoelástico (Sharma *et al.*, 2000). Para la evaluación del comportamiento viscoelástico en quesos se emplean ensayos mecánicos con el fin de evaluar la forma en que a lo largo de la maduración este se ve afectado por diversos factores.

La textura puede definirse como el conjunto de los atributos mecánicos, geométricos y de superficie de un producto que son perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles, visuales y auditivos (Castañeda, 2002).

Para caracterizar un queso en lo que atañe a su tipicidad es necesario obtener el máximo de informaciones objetivas y cuantificables en cinco campos diferentes a saber:

- La Naturaleza de la leche.
- Tecnología utilizada.
- Propiedades organolépticas (textura, sabor).

- Evolución fisicoquímica y bioquímica.
- Características sensoriales del producto final (Castañeda, 2002).

Los atributos texturales son características importantes para el análisis del alimento por parte del consumidor y dan cuenta de su estructura física y propiedades reológicas (Buffa *et al.*, 2001), Por otra parte la textura (o cuerpo) y el sabor son características que determinan la identidad y aceptabilidad de un alimento (Peláez *et al.*, 2003).



Figura 5. Utilización de TPA en queso de cabra
Fuente. El autor

El análisis de los parámetros mecánicos medidos mediante un texturometro es una herramienta útil en la industria ya que permite un seguimiento en el control de calidad de sus productos (Antoniou, 2000), existen diferentes equipos utilizados en este tipo de ensayos mencionados en publicaciones como las de Chacón *et al.*, (2009), Sharma *et al.*, (2000); donde se indica que el procedimiento para probar alimentos como el queso consiste en comprimirlos o forzarlos a pasar por un orificio pequeño, los datos fuerza-tiempo se convierten en esfuerzo- deformación caracterizando el material independientemente de sus dimensiones.

La tabla 1 muestra un resumen de algunos parámetros de textura de textura evaluadas con su concepto.

Tabla 1. Definición de Algunos parámetros de textura

Dureza	Fuerza necesaria para obtener una deformación dada	Szczesniak, (2002)
Cohesividad	Grado en que un material puede ser deformado antes de alcanzar un punto de ruptura	Pavía, <i>et al.</i> , (1999)
Elasticidad	Grado de recuperación de las condiciones iniciales de un cuerpo después de eliminar la fuerza deformante.	Ibáñez, <i>et al.</i> , (1998)
Adhesividad	Fuerza necesaria para separar el elemento compresor de la muestra	Pavía, <i>et al.</i> , (1999)
Masticabilidad	Relación entre dureza, cohesividad y elasticidad.	Pavía, <i>et al.</i> , (1999); Tunick, (2000)

Fuente: Adaptada de Santini *et al.*, (2007)

El color tiene un efecto en la respuesta de los consumidores relacionándolo con otros atributos de calidad (Peláez *et al.*, 2003). El color puede ser discutido en términos del estímulo luminoso, pero, en el caso de los alimentos reviste mayor interés la energía que llega al ojo desde la superficie iluminada (Penna, 2001).

La determinación del color por colorimetría en la industria de alimentos se desarrolla con el fin de normalizar la calidad y establecer la relación del color con un componente mediante un indicador. El comité internacional de luminosidad (CIELAB) establece en 1931 tres colores primarios: Azul, rojo y amarillo. Los elementos que forman el color son el tono, la pureza y la luminosidad (Penna, 2001).

El color del queso resulta del color de la leche de fabricación, siendo más intenso a medida que aumenta el contenido graso debido a que en él se encuentra la mayor cantidad del colorante caroteno. Por otra parte a medida que transcurre la maduración el color en quesos tiende hacia tonalidades pardusco- amarillentas como respuesta a la degradación de sus componentes por acción de la hidrólisis de las grasas especialmente.

1.8. ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son componentes de varios lípidos, por lo tanto precursores de sustancias importantes en el buen funcionamiento de nuestro organismo. Un ácido graso es un ácido carboxílico alifático de cadena larga, la mayoría son ácidos mono carboxílicos que contienen cadenas lineales de hidrocarburos con un número par de átomos de carbono, por lo general en el intervalo de C12 a C20. Son mucho menos frecuentes los ácidos más cortos o más largos, los ramificados y cíclicos y los que tienen un número impar de átomos de carbono (Bohinski, 1991).

Particularmente en la leche de cabra los ácidos grasos C10: O, C14 O, C16:0, C18: O y C18:1 representan el 75% de los ácidos grasos presentes en dicho alimento (Desjeux, 1993) y puede proveer una comida humana de alto valor agregado (Sanz *et al.*, 2007).

La composición específica de la grasa de la leche de cabra, la hace valiosa nutritivamente con triglicéridos de cadena mediana especialmente los ácidos grasos caproíco, caprílico y capríco importantes en el uso terapéutico por su aplicación en el tratamiento de enfermedad metabólica de anabolismo alterado, insuficiencia pancreática, pacientes desnutridos, criaturas prematuras y otras patologías (Haenlein, 2004).

Los ácidos tipo Caproíco C6:O, Caprílico C8:O y Capríno forman desde un 15 hasta un 18% de la naturaleza de la grasa en leches de cabra, estos ácidos grasos de cadena mediana permiten un mejor metabolismo benéfico para el organismo humano (Sanz *et al.*, 2009). Los ácidos grasos de cadena corta y mediana tienen especial interés en casos de malnutrición y podrían ser usados en dietas geriátricas (Zeng *et al.*, 2007). Aparte la senda favorecida de su metabolismo puede contribuir a bajar el colesterol total especialmente LDL (Kucukcetin *et al.*, 2011).

1.8.1 Ácidos Grasos Esenciales. Al inicio de los noventa, George y Mildred Burr identificaron los ácidos grasos esenciales y la incapacidad del ser humano de sintetizarlos (Schettino *et al.*, 2011), estos son ácidos grasos poliinsaturados que tienen uno o más dobles enlaces situados dentro de los primeros siete átomos de carbono de la cadena alifática contando a partir del grupo metilo (-CH₃) al final de la molécula. Aunque la especie humana tiene la capacidad de sintetizar ácidos grasos con dobles enlaces, no tiene la capacidad de insertar dobles enlaces en los primeros átomos de carbono de la cadena, esto significa que solo lo puede

obtener a partir de la dieta, consumiendo ácidos grasos que ya tengan presentes estos dobles enlaces. Existen dos familias de estos ácidos grasos esenciales, las series omega -3 (o n-3) y omega-6 (o n-6), en las series omega-3 el primer doble enlace está situado entre los carbonos 3 y 4, y en las series omega-6 entre los carbonos 6 y 7 (Sanz *et al.*, 2007).

El ácido linoleico (18:2 omega-6) es el componente precursor de las series omega-6 de los ácidos grasos poliinsaturados y el ácido α -linoleico (18:3 omega-3) es el componente precursor de las series omega-3. En los seres humanos, teóricamente se pueden derivar otros cinco compuestos en cada serie. Los ácidos grasos poliinsaturados pueden ser clasificados en dos subtipos principales: omega-3 (n-3) y los ácidos grasos omega-6 (n-6) (Sanhueza *et al.*, 2015).

Los ácidos grasos esenciales de la serie AL(n-6) y el ALA(n-3) son ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, precursores metabólicos de un grupo de ácidos grasos de mayor tamaño que cumplen importantes funciones en el organismo, siendo el AL el precursor del ácido araquidónico, AA (C20:4) y el ALA el precursor de los ácidos grasos eicosapentaenoico EPA (C20:5) y docosahexaenoico DHA (C22:6,) (Bohinski, 1998).

Los ácidos grasos de las series n-6 y n-3 juegan papeles fundamentales en la estructura de las membranas, estos últimos son precursores de los eicosanoides compuestos divergentes y frecuentemente opuestos, unos y otros compiten por las mismas enzimas pero con roles biológicos diferentes de ahí la importancia del equilibrio entre ellos. Actúan como componentes de las células nerviosas, son imprescindibles para el correcto funcionamiento de las membranas celulares y se transforman en compuestos reguladores llamadas prostaglandinas esenciales en el funcionamiento del organismo (Cabo *et al.*, 2015).

Por otra parte los ácidos grasos esenciales, juegan un papel crítico en la fisiología normal, la pérdida de ácidos grasos esenciales en la dieta está relacionada con el desarrollo de muchas enfermedades crónicas degenerativas, autoinmunes, enfermedades de la piel y otras. Una alimentación saludable debe incluir una proporción 4:1 en relación a la cantidad de omega-6 con respecto a omega-3, (FAO, 2010).

La cabra es un animal en el que difícilmente se detecta un caso de cáncer en ella, si bien hay que tener en cuenta que se ha estudiado menos, pero es muy posible que tenga algo que ver con su secuencia de ácidos grasos especialmente el ácido linoleico conjugado, que tiene un efecto anticancerígeno bastante potente, esta conclusión es reciente y también puede dar una ventaja a su leche frente a otros alimentos, de momento es un interrogante que abre nuevas posibilidades (Zancada *et al.*, 2013).

La figura 6, muestra la Ruta metabólica para la transformación del ácido linoleico y α -linoleico de la dieta de ácidos grasos polinsaturados de cadena larga, reiterando la importancia de estos ácidos en el organismo humano.

Las investigaciones relacionadas a continuación condensan los estudios en relación a los efectos para la salud humana del consumo de ácidos grasos esenciales.

Desde el punto de vista de la enfermedad cardiovascular, los ácidos más relevantes son de cadena larga omega-3 los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs omega-3). Los efectos cardioprotectores de los ácidos grasos omega-3 parecen ser el resultado de tres mecanismos principales: antiinflamatorios, antitrombóticos y anti-arritmico.

Con respecto a los efectos de los compuestos "antitrombóticos, los resultados experimentales indican que la ingesta de ácidos grasos omega-3 reduce la síntesis del tromboxano A₂. Las propiedades antiinflamatorias de ácidos grasos omega-3 PUFAs, parece estar relacionado con su capacidad para regular a la baja la expresión de proteínas de adhesión. Sin embargo, estos efectos antitrombóticos y antiinflamatorios no se han observado consistentemente en estudios de modificación de la dieta en los seres humanos (Travieso, 2010).

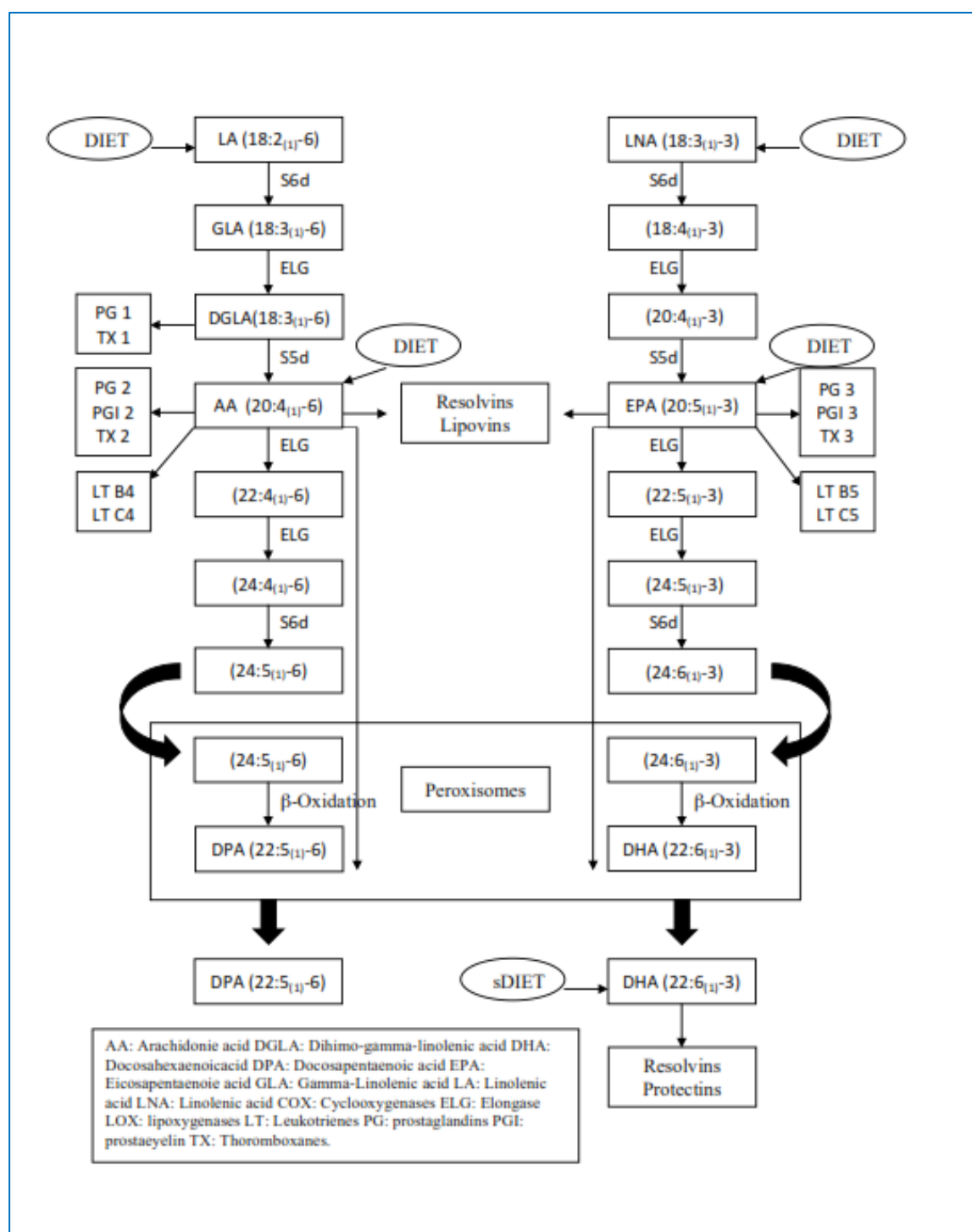


Figura 6. Ruta metabólica de los ácidos grasos omega 3 y 6
Fuente: adaptada de Gómez *et al.*, (2011)

El consumo de ácidos grasos omega-3 durante el embarazo reduce el riesgo de parto prematuro y puede aumentar la duración de la gestación y el peso al nacer, alterando el equilibrio de los eicosanoides, estas moléculas están involucradas en trabajo de parto y para promover el crecimiento fetal al mejorar el flujo sanguíneo a la placenta. La ingesta de ácidos grasos omega-3 durante el embarazo y la lactancia puede facilitar el desarrollo del cerebro del bebé. También hay alguna evidencia de que la suplementación con ácidos grasos omega-3 puede ayudar a prevenir la preclamsia (Piñeiro *et al.*, 2013).

En cuanto al consumo de ácidos grasos n-3: y n-6 y su proporción como prevención de cáncer de mama no hay suficiente evidencia científica para obtener conclusiones o recomendaciones clasificadas como probable o convincente, parece prudente recomendar un aumento en la ingesta de ácidos grasos n-3 sin específicamente restricción de la ingesta de n-6. (Álvarez y Mach, 2011)

De acuerdo al descubridor del ácido linoleico conjugado (Dr. Michael Pariza), este ácido graso tiene efectos antioxidantes por sus atributos en la eliminación de radicales libres, llegando a esta conclusión mediante estudios realizados utilizando la técnica de resonancia de spin electrónico (Pariza y Ha, 1990).

Comparando leche materna con leche de cabra su similitud con leche de cabra es mayor que con leches de otros rumiantes en términos de ácidos grasos esenciales y sus derivados metabólicos. La organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2010) y la Autoridad Europea de Alimentos (EFSA, 2014) han resaltado la importancia de una alimentación rica en ácidos grasos esenciales en madres gestantes, primeros meses y en todas las etapas de la vida de los humanos; inclusive han destacado al ácido vaccenico y el ácido

nervónico (el primero ácido graso trans presente en muestra de leche y queso de la presente investigación) en los primeros años de vida.

Coronado *et al.*, (2006), como lo muestra la tabla 2, resume las ventajas del consumo de ácidos grasos esenciales, basándose en datos de diferentes investigaciones.

Tabla 2. Efectos en la salud humana de los ácidos grasos esenciales

Relación con la salud	Estudio realizado	Resultados
Cardiovascular	Estudio de Lyon. Seguimiento de 605 pacientes con enfermedad coronaria, por 46 meses. Consumo de menos colesterol (217mg/día) menos calorías de grasa (30.5%) más ácido oleico (13%) y tres veces más ALA y EPA (0.8%), más fibra (19 g/d)	Reducción del colesterol total (5%), LDL (7%) y triacil glicéridos (14%). HDL aumentó 10%. Se redujo el riesgo de mortalidad y morbilidad cardíaca (73%). El estudio sugiere que se puede reducir la incidencia de enfermedad del corazón con este tratamiento.
Diabetes/cardiología (la diabetes se asocia frecuentemente con enfermedades cardíacas)	Estudio prospectivo a 18 años en 1503 mujeres con diabetes tipo 2. Dieta con pescado fuente de EPA y DHA. Se vigilaron las variables dietéticas (fibra, grasas con ácidos grasos <i>trans</i> , frutas, verduras, etc.).	Los ácidos grasos n-3 pueden reducir las enfermedades cardíacas (incidencia y mortalidad) en diabéticos, al disminuir los triacilglicéridos sanguíneos, agregación plaquetaria y los efectos antiarrítmicos. También se observó baja mortalidad por causas no cardíacas. No hubo efectos adversos en el control glicémico.

Cáncer	Estudio con 231 ratas en 10/grupo. Dieta con 5% ó 2% de aceite de maíz, más 3% de un producto con ácidos grasos n-3. Se midió la tumoración tres veces a la semana con un calíper, a partir del día 14 de iniciar la dieta y hasta los 46 días.	El análisis de regresión lineal mostró que los tumores de los animales alimentados con ácidos grasos n-3 fue significativamente menor que los de aquéllos alimentados sólo con aceite de maíz ($p < 0.05$)
Procesos inflamatorios	Estudio dietético y clínico. 15 sujetos sanos de 31-43 años. Dieta rica en ácidos grasos omega-3 y baja en omega-6 durante 4 semanas. Ingesta de 1.8 g/d de EPA + DHA y 9.0 g/d de ALA.	Los ácidos grasos n-3 aumentaron en plasma y los fosfolípidos de células mononucleares. EPA 3 veces. ALA 3- 4 veces. DPA 30% y DHA 1.5 veces. Los ácidos grasos n-6 disminuyeron, LA $\approx$ 8%, ARA $\approx$ 7% y con ello los TX B2, las PG E2 y la IL-1β (36%, 26% y 20%) que son mediadores inflamatorios
Desorden bipolar (neurológico)	30 sujetos durante cuatro meses con 6.2 g de EPA y 3.4 g de DHA/d	Periodos más largos de remisión, reducción significativa en la escala Hamilton de depresión (HRSD por sus siglas en ingles)
Piel	a) A 13 personas con foto dermatitis se les proporciono suplementos con aceite de pescado. b) Otro estudio con 40 sujetos, con psoriasis se les administró medicamento y suplementos con EPA.	a) Mostraron una sensibilidad significativamente menor a los rayos UV) Hubo mejores resultados con respecto a los controles. Se recomienda también la linaza (omega para el acné).

Actividad física intensa (posible riesgo de muerte súbita)	12 corredores entrenados, en un estudio de cuatro semanas. Dos de tratamiento con huevo enriquecido(1/ 6d) con omega-3 (350mg de n-3 c/u), descanso de cuatro semanas y después los mismos sujetos, consumieron durante dos semanas (1/6d) el huevo convencional (60 mg de n-3 c/u).	Los triglicéridos séricos se mantuvieron en el rango recomendado. El LDL y el HDL colesterol no cambiaron de manera significativa, independientemente del consumo diario de huevo. Por ello se recomienda el uso de aquellos enriquecidos con omega-3, porque aumentaron la ingesta de ALA y DHA lo cual es benéfico para la salud.
---	--	---

Fuente: Coronado *et al.*, 2006.

Por la presencia de ácidos grasos y los metabolitos de los ácidos grasos esenciales se establece que el queso evaluado elaborado con leche de cabra pueda considerarse un alimento funcional. El concepto de alimento funcional desarrollado hacia 1980, ha evolucionado como un medio para proteger la salud del consumidor, derivado de una población con alta expectativa de vida, los consumidores y la industria de alimentos demuestran gran interés en el desarrollo de productos que promuevan la salud y el bienestar encajando perfectamente la investigación en el impacto de la misma desde la ciencia y la tecnología.

El instituto de medicina de Washington los define como “aquellos alimentos que abarcan productos potencialmente saludables incluyendo cualquier alimento modificado o ingrediente que pueda proporcionar un beneficio para la salud, además de los nutrientes tradicionales que contiene” (Webb, 2007). Dentro de este grupo están los ácidos grasos cuya ingesta significan un equilibrio en la dieta.

Por los referentes disponibles en la literatura científica (tabla 2) y las definiciones que a continuación se exponen, los contenidos de ácidos grasos y metabolitos esenciales en la leche de cabra y sus coproductos pueden hacer catalogar a esta como fuente nutritiva y funcional de fácil asimilación (Ribeiro y Ribeiro, 2010).

Los alimentos funcionales están divididos en siete categorías:

- Alimentos que regulan las condiciones gastrointestinales.
- Alimentos que ayudan a regular los niveles de colesterol.
- Alimentos que ayudan a regular la presión arterial alta
- Alimentos que ayudan a regular los niveles de glucosa.
- Alimentos que mejoran al absorción de minerales
- Alimentos que mantienen la salud en dientes y huesos.
- Alimentos que reducen los niveles de triglicéridos.

Desde el punto de vista de la revisión científica y el contenido de ácidos grasos esenciales y sus metabolitos el queso de leche de cabra cumple todas las categorías antes mencionadas.

2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las características fisicoquímicas y texturales de un queso elaborado a partir de leche de cabra con el fin de definir los parámetros de elaboración y dar cumplimiento a la normatividad.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar las características fisicoquímicas de la leche de cabra producida en el corregimiento de la Garita (N.S).

Establecer las variables de proceso en la elaboración de un queso semimadurado a partir de leche de cabra.

Evaluar la textura y el color de un queso semimadurado elaborado con leche de cabra

Determinar el perfil de los ácidos grasos presentes en un queso semimadurado elaborado a partir de leche de cabra.

2.2 PLAN DE TRABAJO

2.2.1. Determinación de los sitios de producción y toma de la muestra:

Mediante visitas *in situ* se determinó las explotaciones lecheras más

significativas en la Garita (Norte de Santander) en cuanto a volumen y tradición en la región. Se tomaron muestras de cinco producciones para analizar las características fisicoquímicas de la leche de cabra

2.2.2 Evaluación de las características fisicoquímicas de la leche de cabra:

Con el objeto de establecer las características fisicoquímicas de la leche de cabra de la cual dependerá la aptitud quesera, se plantearon las siguientes actividades:

- **Evaluación de las características fisicoquímicas:** Se evaluaron las variables mencionadas a continuación: Acidez, pH, densidad, sólidos no grasos (SNG), grasa, sólidos totales (ST), proteína, crioscopia, lactosa.

Una vez analizadas las muestras se seleccionó la leche que se utilizaría para la elaboración del queso semimadurado de acuerdo a los valores fisicoquímicos relacionados con la aptitud quesera.

- **Evaluación del perfil de ácidos grasos:** La leche evaluada en conjunto con mejores valores en los rangos de buena aptitud quesera, se le determina el perfil de ácidos grasos mediante cromatografía de gases.

2.2.3 Establecimiento de las variables de proceso en la elaboración de un queso semimadurado a partir de leche de cabra. Mediante la consecución del primer objetivo específico se estableció el primer parámetro de producción

Para el Establecimiento del segundo parámetro de producción se definieron las siguientes actividades:

Para evaluar la consistencia de la cuajada en términos de rendimiento (p/v) y textura, se elaboran 15 producciones preliminares con la leche previamente

seleccionada, bajo los parámetros definidos en la tabla 3, utilizando dos litros de leche en promedio por queso y tres quesos por cada variable de temperatura. Mediante la observación del comportamiento frente a la sinéresis e hidratación durante la coagulación y el rendimiento en términos de p/V, se seleccionan tres cuajadas (gel que ya ha tomado consistencia mediante prensado) de mejor comportamiento frente a los parámetros analizados y se someten a análisis de perfil de textura.

Tabla 3. Producciones preliminares para determinación de consistencia de la cuajada

MUESTRA	TEMPERATURA	TIEMPO DE CORTE(min)
1	30	30'
2	32	
3	34	
4	36	
5	40	

Fuente: El autor

2.2.4. Análisis de perfil de textura de la cuajada inicial: Tres cuajadas seleccionadas son sometidas a análisis mediante perfil de textura (TPA), una vez obtenido este nuevo parámetro, los rangos establecidos son punto de partida para la elaboración y posterior maduración del queso.

2.2.5. Elaboración del queso de leche de cabra: El queso se fabrica utilizando la leche seleccionada mediante análisis fisicoquímicos y siguiendo lo preestablecido en cuanto a temperaturas y cortes. Por otra parte, preliminarmente se establece el ambiente de producción para la maduración (humedad relativa y la temperatura

del producto en condiciones estables) utilizando diferentes empaques, el envase donde el queso presento mejor comportamiento frente al pH y que mantiene estable la humedad relativa y la temperatura se selecciona como variable de proceso en términos de ambiente de producción, teniendo en cuenta el tipo de queso a elaborar artesanalmente.

Bajo las variables establecidas y las mismas condiciones de proceso se elaboraron 10 quesos de 200 gramos de peso, según flujograma (Grafica 1), llevando controles de pH, HR y temperatura en el interior del ambiente de producción, cada tercer día. Asimismo, cada 12 horas se efectuaron volteos y se controló la temperatura de la nevera sin la utilización de una cava especializada con el fin de conservar las características artesanales del queso elaborado

Evaluación de la textura y el color del queso. A muestras tomadas al azar de las 10 producciones finales se les determinó textura mediante TPA y color (colorímetro) en el día 0 (primer día de producción) tomado como queso fresco y 28 como queso semimadurado.

- **Determinación del perfil de ácidos grasos.** Se realiza un seguimiento de perfil de ácidos grasos mediante cromatografía gaseosa los días 4, 16 y 28.
- **Determinación del ambiente de producción:** El ambiente de producción se determina mediante la utilización de diferentes empaques (bolsa de polietileno de doble cierre, caja de polipropileno virgen sin BPA, libre de plomo y sistema klip it; quesera casera, todos en material grado alimentario, anexo G) y el control del pH, HR y temperatura al interior del mismo. Se aclara que los análisis microbiológicos en leche y queso se toman como referentes de la inocuidad y las buenas prácticas de manufactura en el presente trabajo, se llevaron a cabo bajo la norma NTC 750 y no se encuentran consignados.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

3.1.1. Leche de cabra: Las muestras de leche se obtuvieron de cabras en la Zona de la Garita, Región de los Vados (Norte de Santander). La leche una vez obtenida a temperatura inicial promedio de $37^{\circ}\text{C} \pm 1$, se llevo a condiciones de refrigeración mediante la utilización de hielo, finalmente se transportó en cavas ($4^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$) hacia Pamplona para su respectivo análisis y procesamiento.

Partiendo de cabras sanas, ordeñadas manualmente, alimentadas con forraje nativo de la zona, se tomaron muestras de leche cabra (mezclas de las razas Saanen, Canarias, Alpina francesa entre 2 y 7 meses de lactancia en época de verano), procedentes de cinco sitios de producción dentro de la misma región. Las cabras en el momento de la evaluación estaban alimentadas con alfalfa, botón de oro y pasturas naturales de la zona contando con una cadena forrajera diseñada para tal fin.

La evaluación fisicoquímica de la leche se realizó dos veces en un rango de 7 días, con cinco muestras y dos repeticiones.

Cuajo: Para la coagulación de la leche se utilizó cuajo Marshall M-50 de la marca comercial DANISCO, según las especificaciones del fabricante. El ingrediente activo es una proteasa producida a partir de un cultivo purificado de la especie *Rhizomucor spp*, tabletas completamente miscibles, con una fuerza de cuajo entre 2206-2261 IMCU/tableta (Adaptado de la Ficha técnica).

Coayudante: Se empleó como aditivo coayudante Cloruro de Calcio (Cl_2Ca). Material granular, solido, higroscópico, blanco, alta solubilidad en agua, adicionado según base de cálculo y regulación vigente.

Sal: Se adicionó sal refinada por cristalización, yodada y fluorizada para consumo humano de la marca comercial *REFISAL*, directamente sobre la cuajada obtenida.

Empaques para el almacenamiento (ambiente de producción): Para la conservación del queso dentro de los parámetros de maduración (HR:75%, $10^\circ\text{C}\pm 1$ y fácil desuere) estos son llevados a una nevera domestica utilizando una quesera casera de doble fondo (polipropileno virgen, sin BPA libre de plomo) preliminarmente seleccionada (Figura 10 del anexo G).

El rendimiento es el resultado de dividir el volumen de la leche utilizada sobre el peso del queso obtenido

3.2. METODOS

Para la evaluación de las características fisicoquímicas y ácidos grasos de la leche de cabra, inicialmente se determinó acidez, pH y densidad y así poder utilizar el analizador donde se realizaron las demás determinaciones. Mediante el uso de un analizador de leche (Milk Analyzer master classic LM2-P2) se determinaron propiedades fisicoquímicas como grasa (G), SNG (solidos no grasos), ST (Solidos totales), proteína y crioscopia en leche.

3.2.1. Determinación de las características fisicoquímicas

- **Acidez titulable:** La acidez de la leche se determinó mediante el método de acidez titulable (ATECAL) y los resultados se dan en porcentaje de ácido láctico presente y bajo los estándares de la A.O.A.C (1984)
- **pH:** Se determinó por medio de un pH-metro digital, pH 58 de MARTINI Instruments, previamente calibrado con soluciones estándar de pH 7,00 y 4,02 (marca ®) a temperatura ambiente, bajo los estándares de la AOAC (1990). NTC 4722
- **Densidad:** La densidad se tomó directamente mediante termo lactodensímetro a $15^{\circ}\text{C} \pm 1$, corregida con la fórmula de Fleischmann.

$$\text{ES\%} = 1.2G + 2665 \left(D - \frac{1}{D} \right)$$

ES: Extracto seco, G: Grasa, D: Densidad.

Los demás análisis fisicoquímicos relacionados con la aptitud quesera de la leche (Materia grasa, sólidos no grasos, proteína, crioscopia) se realizaron con un analizador de leche Milk Analyzer master classic LM2-P2 con un rango de precisión (0.005-0.2% según el caso) bajo la norma ISO 2446.

El equipo se calibró para leche de cabra de acuerdo a referentes nacionales e internacionales en el caso de la leche y para el queso según la norma estipulada así.

- **Proteína:** Mediante determinación del nitrógeno o método Kjeldahl y de acuerdo al procedimiento establecido en la AOAC, 1994. NTC 5025/2001.

- **Grasa:** Según método ácido butirométrico de Gerber bajo la norma ISO 3433:1975; ISO 3432:1975; NTC 4722. Los resultados se expresan en % p/v (Anexo E). La determinación de los sólidos totales se calculó como la suma del porcentaje de grasa y SNG (Frau, 2011).
- **Crioscopia:** Mediante estándares AOAC, 1990, teniendo en cuenta que el punto de congelación de la leche es una constante física relativa a la solución

3.2.2. Establecimiento de variables en el control del proceso de elaboración del queso de leche de cabra semimadurado. Para fijar los controles de producción se obtuvo información in situ de algunos capricultores de la región sobre la forma de elaboración de los quesos de leche de cabra, estableciendo parámetros básicos en el proceso artesanal del queso.

Establecidos los valores de los análisis fisicoquímicos, se determinó la leche de mejor aptitud quesera para la producción (*primera variable en el control del proceso*). Preliminarmente se elaboraron 15 quesos con dos litros de leche en promedio por queso y tres quesos por temperatura, según lo establecido en la tabla 3 y mediante la medición de la firmeza del gel, la consistencia (contenido en agua de la materia seca magra en términos de porcentaje), la resistencia al corte (que corresponde a la *tensión* de la cuajada después del desuerado y prensado) en conjunto con el rendimiento (dado en litros de leche utilizados sobre kilogramos de queso obtenido en términos de porcentaje) se determinó el tiempo y temperatura de corte, *como segunda variable en el control del proceso*, corroborados por el análisis de perfil de textura (TPA) en las tres cuajadas de mejor comportamiento frente a aspectos texturales evaluados (dureza, elasticidad, cohesividad).

Para el establecimiento *de la tercera variable* en el control de proceso de producción, preliminarmente se realizaron 15 producciones con almacenamiento de 28 días en tres diferentes empaques, (bolsa de polietileno de doble cierre, caja de polipropileno virgen, sin BPA libre de plomo y sistema klip it y quesera casera de polipropileno virgen, sin BPA libre de plomo, doble fondo), distribuidos equitativamente y simulando las condiciones del queso artesanal producido en la región, con volteos diarios incluyendo desuere en el caso de las cajas y la bolsa, bajo controles de T, HR.

El pH es evaluado cada tercer día, mediante una muestra tomada al azar por cada tipo de empaque. Una vez establecida esta variable se realizan 10 producciones finales bajo los parámetros determinados.

3.2.3. Determinación del perfil de ácidos grasos en leche y queso de cabra.

La determinación del Perfil de ácidos grasos de la muestra de leche seleccionada para la elaboración del queso se realizó mediante la obtención y cuantificación de sus metilésteres por cromatografía de gases con detector de ionización en llama GC-FID, según el método de extracción Soxlet automatizado y las normas ISO 5509 (Animal and vegetable fats and oils – preparation of methyl ester of fatty acids) y 5508 (Animal fats and oils – Analysis by gas chromatography of methyl ester of fatty acids) respectivamente. Como estándar de referencia certificado se empleó la mezcla de 37 component FAME mix, (Accu Standar, inc., 125 Market Street, New Haven CT 06513, Cat FAMQ-0059). La cuantificación se llevó a cabo mediante la identificación de los metilésteres de los ácidos grasos presentes en la leche de cabra utilizando el método de comparación de sus tiempos de retención con los del estándar, bajo las mismas condiciones cromatográficas.

Se utilizó para el análisis un cromatógrafo de gases (GC) AT 6890N (Agilent Technologies, Palo Alto, California, EE.UU.) y las siguientes especificaciones:

- Columna empleada: DB-23 (J&W Scientific, Folsom, CA, EE.UU.), 50%-cianopropil-poli (metilsiloxano), 60m x 0.25mm x 0.25µm.
- Inyección modo Split (50:1) (Viny:2µL)
- Portador: Helio 42 cm/s, 24 Psi (120°C). Flujo constante de 1.8ml/min
- Horno: 120°C durante un minuto, 120-250°C a 10°C/min, 250°C durante cinco minutos.
- Stándar de referencia: Mezcla 37 component FAME mix (AccuStandard, inc.,125 Market Street, New Haven CT 06513, Cat FAMQ-005)
- Solvente: Grado cromatográficos (guía comercial Khymus, 2012).

El queso se elaboró según flujograma de proceso establecido (grafica 1), se manufacturaron 10 quesos con un peso de 200 gramos utilizando dos litros de leche por producción las mismas condiciones de obtención. De los diez quesos se tomaron tres muestras al azar para las diferentes determinaciones (pH, acidez, grasa, humedad, perfil de ácidos grasos, TPA).

- **pH:** Mediante estándares AOAC, 1990.
- **Grasa:** Según método acidobutirométrico de Gerber bajo la norma ISO 3433:1975; ISO 3432:1975; NTC 4722
- **Humedad:** Mediante estándares de ISO 5534:2004
- **Perfil de ácidos grasos:** Según lo descrito para leche, con diferencia en la preparación de la muestra.

3.2.4 Evaluación del color: El comportamiento del color del queso fresco y semimadurado se evaluó mediante un espectrofotómetro de esfera X-RITE D- 62® con un iluminante D 65 (representa la luz del día), un observador estándar de 10°, utilizando el espacio de color CIE L*, a*,b* (CIE,1986), siendo L* la luminosidad, a* la desviación hacia el rojo (+) y el verde (-) y b* la desviación hacia lo amarillo (+) y el azul (-).en la superficie y en la parte externa.

El día 0, corresponde al queso fresco 12 horas después de su elaboración y el día 28 se toma como queso semimadurado de acuerdo a la humedad y dureza como parámetros básicos, fundamentados especialmente las Resoluciones 2310 y 1804 de 1986 y 1989 respectivamente, en el capítulo VII y sus artículos 43,45 y 47 y en los referentes nacionales e internacionales.

Las medidas se obtienen realizando tres replicas sobre la superficie externa e interna (corte transversal) del queso. Se midieron por triplicado aleatorio los quesos frescos y semimaduros generados en tres producciones, a temperatura de $19 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

3.2.5 Evaluación de la textura: Mediante el análisis del perfil de textura (TPA) se pueden cuantificar propiedades de textura tanto primarias como secundarias.,10 muestras de los quesos de las producciones finales se sometieron a análisis de TPA, fueron tenidas en cuenta la dureza, la cohesividad, masticabilidad y elasticidad, se determinó el perfil de textura partiendo de una doble compresión en placa de aluminio de 75mm de diámetro y posesionada 5 cms. de altura de la superficie del plato donde reposa la muestra. La velocidad de descenso es de 2mm/s, con un grado de compresión de 70% con respecto a la altura de la probeta cuadrada de 2cms de altura por 2cms de ancho (muestra preparada a partiendo de un queso al que se le quita 3mm aproximadamente de la superficie), con un

total de 10 muestras evaluadas, para el manejo de los datos se utilizó un software Nexigent .

3.2.6 Determinación del perfil de ácidos grasos del queso semimadurado: el análisis de perfil de ácidos grasos se realiza mediante la obtención y cuantificación de sus metilésteres por cromatografía de gases tomando al azar una muestra de 100 gramos de queso de las diez producciones finales en los días 4, 16 y 28 para poder hacer seguimiento a los cambios cuantitativos de los ácidos grasos y sus metabolitos presentes en queso de cabra semimadurado. La metodología utilizada es la misma que en leche con diferencia de la preparación de la muestra.

3.2.7. Establecimiento del ambiente de producción: Preliminarmente se estableció el ambiente de producción acorde al comportamiento del pH frente a tres diferentes empaques y condiciones de HR y Temperatura al interior del mismo.

3.2.8 Análisis microbiológicos. Los análisis microbiológicos no se consignan en este trabajo. Se toman como referentes para asegurar la inocuidad de la materia prima de partida y el producto obtenido, el producto es revisado bajo los lineamientos de la NTC 750 de 2009 con el fin de establecer el cumplimiento o no de la norma, para tal fin se realizó recuento de Coliformes, de Mohos y Levaduras.

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos de las evaluaciones fisicoquímicas anteriormente descritas fueron sometidos a un tratamiento estadístico descriptivo y posteriormente

graficados con el fin de representar el comportamiento en la composición de leche de cabra y efectuar la comparación frente al parámetro a analizar.

Los resultados fisicoquímicos de las leches y quesos fueron analizados mediante bloques aleatorizados, BCA, utilizando promedios de cada propiedad evaluada, tomando como tratamientos las muestras y como factores las propiedades evaluadas. Se determinaron cuadrados medios (varianzas, factores de variación y desviación estándar) correlacionándolos con los demás factores y el rendimiento.

Además, estos resultados fueron analizados estadísticamente a través del análisis normal de varianza (ANOVA) y para discernir los resultados del ANOVA se utiliza la prueba post hoc de diferencias mínimas significativas (MSD), mediante el paquete de software estadístico SPSS versión 20.0 con un nivel de significancia 95% indicando diferencias mínimas significativas (DMS) entre los tratamientos y desviación estándar, con el fin de establecer la leche de mejores características fisicoquímicas para la elaboración del queso.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos serán presentados a continuación con sus respectivos análisis y discusión.

4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS EN LA LECHE DE CABRA

La evaluación y cuantificación de las diferentes variables fisicoquímicas relacionadas con buena aptitud quesera, proporcionó los resultados siguientes en leche de cabra:

4.1.1 Determinación de la acidez titulable y el pH. De la tabla 4 se deduce que las leches analizadas están dentro de los rangos de acidez y pH establecidos en el Decreto 616 de 2006.

Leches de la misma acidez pueden presentar diferentes pH, por lo tanto no se puede tomar una determinación rigurosa basándose en los valores de acidez, porque se pueden estar eliminando leches de alto contenido de sólidos totales importantes en el rendimiento quesero, por otra parte, el pH constituye un estado y su valor resulta más significativo que la acidez (por cuanto representa la acidez actual o verdadera de la leche), variando según el curso de la lactación y bajo la influencia de la alimentación (Grille *et al.*, 2013; Arnaud *et al.*, 2009).

Es sabido que las leches de fuerte acidez natural se conservan por más tiempo que las leches de baja acidez natural con la misma naturaleza higiénica (Alais, 1984; Spreer, 1991; Revilla 1996; Fox *et al.*, 2000), asimismo, Draksler *et al.*,(2002) afirmaron que la acidez de la leche se debe a la presencia de fosfatos ácidos, aminoácidos, CO₂ y caseína en solución, basados en estos referentes se podría decir en una primera instancia que la leche de mejor aptitud para el proceso de elaboración del queso de cabra sería la señalada como muestra 1.

La muestra de leche 1, presenta letra diferente lo que señala diferencias mínimas significativas (DMS- $p < 0,05$) $\pm$ desviación estándar, pero, dentro de los rangos legales, en concordancia a la realidad de la producción y en el rango de Chacón (2003) quien recomienda un valor ATECAL (acidez titulable expresada como ácido láctico) que no supere 0.18% para leche con destino a derivados lácteos.

Tabla 4. Valor promedio de la acidez y pH en las muestras de leche de cabra.

Muestra	Valor promedio de la acidez % de ácido láctico m/v	Rango Decreto 616	Valor promedio del pH	Rango Decreto 616
1	0.16 $\pm$ 0,1 ^b	0.13-0.17	6.83 $\pm$ 0,2 ^a	6.6-6.85
2	0.14 $\pm$ 0,3 ^a	0.13-0.17	6.8 $\pm$ 0,3 ^a	6.6-6.85
3	0.13 $\pm$ 0,1 ^a	0.13-0.17	6.6 $\pm$ 0,1 ^b	6.6-6.85
4	0.14 $\pm$ 0,1 ^a	0.13-0.17	6.8 $\pm$ 0,2 ^a	6.6-6.85
5	0.14 $\pm$ 0,2 ^a	0.13-0.17	6.8 $\pm$ 0,3 ^a	6.6-6.85

Letras diferentes muestran diferencias mínimas significativas (DMS- $p < 0,05$), $\pm$ desviación estándar.

Fuente: El autor.

Comparando los resultados de acidez presentados por la leche de la Garita, se puede decir al respecto, que concuerdan con resultados de este tipo referenciados

por otros autores como Morgan *et al.*, (2003); Park *et al.*, (2006); Queiroga *et al.*, (2007); Pirisi *et al.*, (2007); Sanz *et al.*, (2009); Frau *et al.*, (2010). Asimismo, existe una coincidencia con la acidez encontrada en presente estudio y la reportada por Luquet (1998); Quiles y Hevia (1994); Voutsinas (1999); Draksler *et al.*, (2002); Frau *et al.*, (2010) quienes han investigado la composición fisicoquímica, propiedades, influencia de factores intrínsecos y extrínsecos en la leche de cabra y sus productos.

Asimismo, los resultados obtenidos en la determinación del pH de las muestras de leche de la Garita analizadas se observan en la tabla 4. Según lo reglamentado en Colombia se exige un rango entre 6,6-6,85 para leche de consumo humano; los parámetros obtenidos (6.6 a 6.83 ± 0.22) están dentro de lo establecido en la legislación colombiana.

Para el análisis de la tabla 4 se debe tener en cuenta que un pH cercano al punto isoelectrico provoca fuerzas iónicas e hidrófobas fuertes que resultan en una red de caseína compacta típica de quesos duros, con un pH más alto las caseínas presentan una carga negativa generando repulsión en los agregados proteicos dando como resultado un queso menos compacto, por lo expuesto, el pH que puede contribuir a una mejor aptitud quesera según lo referenciado es el encontrado en la muestra 1, pero, debe ser analizado en conjunto con las demás propiedades fisicoquímicas encontradas y de acuerdo a los referentes teóricos.

Por otra parte, según Capra (2004) se pueden encontrar leches de cabra con pH entre 6.45 (Bulgaria) y 6.78 (Francia), los valores encontrados en esta investigación son muy cercanos a la neutralidad encontrándose en un valor promedio de 6.7 ± 0.22 , enmarcados dentro de los rangos obtenidos por otros autores como Park *et al.*, (2006); Pirisi *et al.*, (2008); Sanz *et al.*, (2009); Arnaud *et*

al., (2009); debido a la reacción iónica propia de la leche que se comporta como un compuesto anfótero, esta característica contribuye al sabor de la leche de cabra; asimismo contribuirá en el sabor final del queso.

4.1.2 Determinación de la densidad: La tabla 5 muestra el promedio de la densidad en las leches analizadas (n:30), a excepción de la muestra 1, están dentro de los rangos de 1.030 y 1.033(g/ml), siguiendo la fórmula de Fleischmann se determinó con este valor el ES%, parámetro no consignado, a tener en cuenta en el análisis de composición de leche de cabra respecto a la aptitud quesera.

Tabla 5. Valor promedio de la densidad en las muestras de leche de cabra.

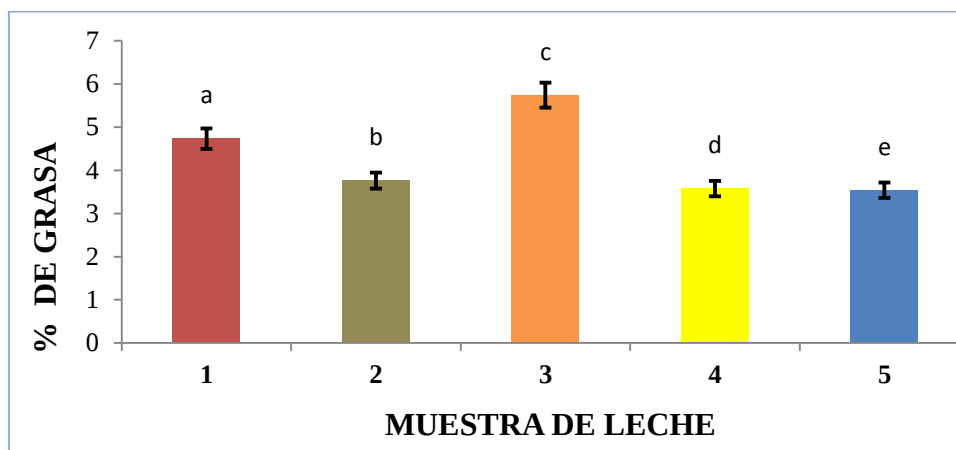
Muestra	Valor promedio de la densidad 15/15°C (g/ml)
1	1.029±0,002b
2	1.030±0,001a
3	1.031±0.002a
4	1.030±0.001a
	1.030±0.002a

Letras diferentes muestran diferencias mínimas significativas (DMS-p<0,05), ±desviación estándar.

Fuente: El autor.

Como se observa en la tabla 5 la muestra 1, presenta diferencia mínima significativa ($p < 0.05$) y no concuerda respecto al valor de la densidad con lo establecido en el Decreto 616 de 2006, pero, corresponde a los promedios encontrados en leches de su tipo por otros investigadores (Pece *et al.*, 2005; Frau *et al.*, 2012) en concordancia con las condiciones (época del año, razas, zona) de la presente evaluación.

4.1.3. Determinación del porcentaje de grasa. Los lípidos son los componentes más importantes de la leche en términos de costos, nutrición y características sensoriales impartidos a los productos lácteos.



Letras diferentes muestran diferencias mínimas significativas (DMS- $p < 0.05$).

Gráfica 2. Promedio del contenido de Grasa en leche de cabra

Fuente: El autor.

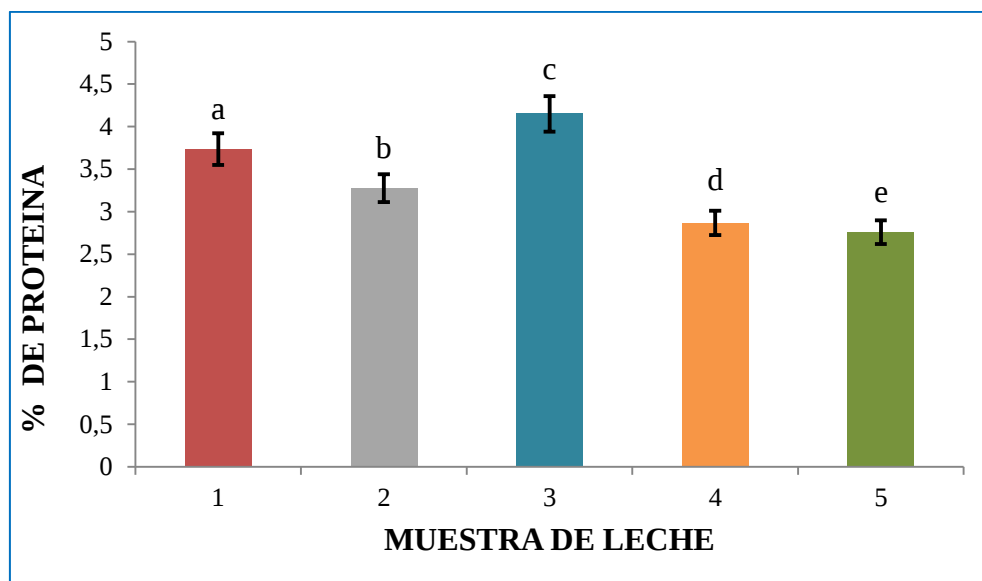
De acuerdo con lo observado en la gráfica 2 para la determinación del porcentaje de grasa en las cinco muestras de leche analizadas, todas cumplen con el rango mínimo para grasa en leche de consumo humano dispuesto en el Decreto 616 de 2006, (3,0% m/v).

La materia grasa es el componente que varía en mayor proporción y depende de diversos factores, mencionados anteriormente, presentando fluctuaciones entre días sucesivos del 7 y 8% ((Alais, 1984; Spreer, 1991; Revilla 1996; Fox *et al.*, 2000). La diferencia en la muestra de leche 3 supera el rango de fluctuación, (5.8%), por encima de los reportados por Borges *et al.*, (2004); Park *et al.*, (2006); Queiroga *et al.*, (2007); Vega *et al.*, (2007); Damián *et al.*, (2008) De Souza *et al.*, (2009); Chacón *et al.*, (2009), Milani *et al.*, (2009); puede atribuirse a

que la composición química de la leche es afectada por factores diversos, entre ellos, los propios del animal y la alimentación, resaltando que la zona puede presentar características propias de flora nativa dando riqueza en grasa, por otra parte, dentro del grupo se encontraban cabras de la raza Saanen en el pico máximo de la parábola de Poly respecto a la lactancia y composición en grasa.

Frau *et al.*, (2012) encontró que el contenido de grasa en el mes de junio presentaba diferencias significativas ($p < 0.01$) coincidiendo con el porcentaje máximo promedio de la grasa en la leche de la Garita, se puede inferir que este es el máximo valor de la región, factor sobresaliente a tener en cuenta para otras investigaciones asociadas con el tema (la evaluación se realizó en época de verano, en el mismo mes, en un rango de 7 días, en un clima tropical a 410 msnm y 27°C)

4.1.4 Determinación del porcentaje de proteína. Las proteína de la leche de partida afecta la textura de un queso del mismo modo que la grasa, siendo altos contenidos proteicos sinónimos de dureza (Chacón *et al.*, 2009). La proteína más importante en la leche es la caseína y para precipitarla es necesario provocar su coagulación, por otra parte las proteínas de la leche de cabra aportan al queso un peso superior al aportado por un gramo de grasa (Zeng *et al.*, 2007)



Letras diferentes muestran diferencias mínimas significativas (DMS- $p < 0.05$).

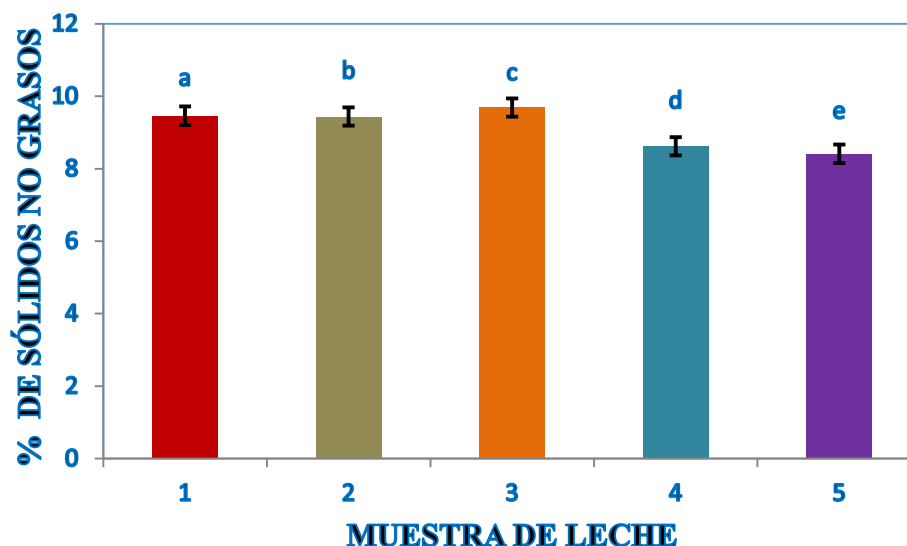
Grafica 3. Promedio del contenido de Proteína en leche de cabra

Fuente. El autor.

Las muestras en general presentan variabilidad y diferencias mínimas significativas, encontrándose el valor más alto en la muestra 3, 4.2%, por encima de lo reportado por (Desjeux, 1993; Draksler, *et al.*, 2002, Oliszewski, *et al.*, 2002; Landau, *et al.*, 2004; Park, *et al.*, 2006; De Souza, *et al.*, 2009) cuyos valores no superan el límite de 3.4%. Esta variabilidad esta correlacionada con el valor alto encontrado en la grasa de la misma muestra y está relacionada con los mismos factores analizados en grasa.

En concordancia con Grille *et al.*, (2013); se explica la variabilidad en los valores encontrados, debido a que según la etapa de la lactación el porcentaje de proteína puede variar de 26 a 41%, en el caso de las muestra 3, se encuentra en el pico máximo de la parábola de Poly. Por otra parte, las muestras de leche 4 y 5, a pesar de ser las de valores más bajos del grupo, se encuentran dentro de los rangos consignados por este mismo investigador.

4.1.5. Determinación del porcentaje de solidos no grasos (SNG)



Letras diferentes muestran diferencias mínimas significativas (DMS- $p < 0.05$).

Grafica 4. Contenido promedio de Solidos no Grasos en leche de cabra

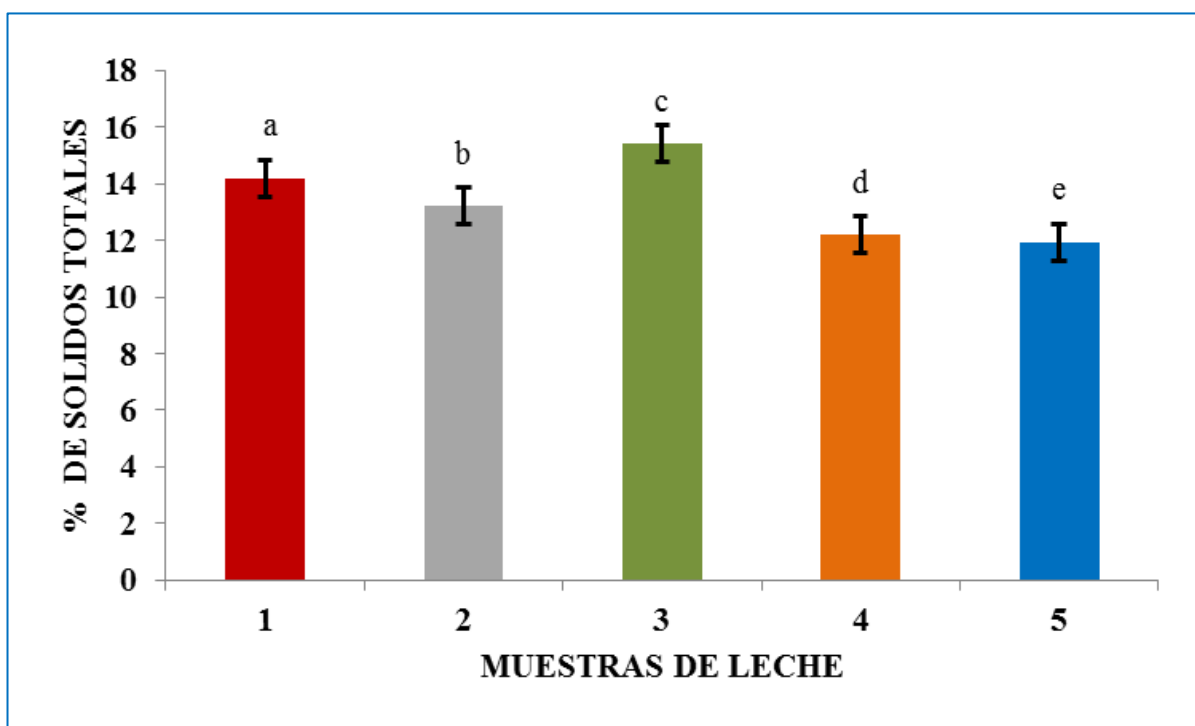
Fuente: El autor

Como se observa en la gráfica 4 todas las muestras presentan diferencias mínimas significativas (DMS- $p < 0.05$), los SNG de las muestras de las leches 1, 2, 3 no presentan alta variabilidad entre ellas, pero con respecto a las muestras de las leches 4 y 5 varían significativamente encontrándose valores de 8.6 y 8.40 respectivamente, por debajo de lo reportado por Park *et al.*, 2006 (8.9%), aclarando que las muestras de leche 4 y 5 aunque con valores bajos respecto al grupo, están por encima de lo encontrado por Grille *et al.*, (2013).

Las muestras de leche 1, 2 y 3, superan los valores determinados por Oliszewski *et al.*, (2002); Landau *et al.*, (2004); Park *et al.*, (2006); Chacón *et al.*, (2009) encontrándose en un rango de 9.44 y 9.68, y en el caso de la muestra 3, el valor encontrado se relaciona directamente con lo encontrado en grasa y proteína.

Teniendo en cuenta que el valor de los sólidos totales es la suma entre los valores de G y SNG, el valor de SNG cobra importancia visto desde el porcentaje de su aporte al total de sólidos totales, por lo tanto se discutirá desde ese punto de vista.

4.1.6 Determinación del porcentaje de sólidos totales (ST). La aptitud quesera está determinada por la sumatoria de SNG mas grasa (G) obteniendo los sólidos totales que establecen el rendimiento en el queso junto con el valor de la proteína y pH bajo condiciones de manufactura adecuadas (Desjeux, 1993), por otra parte los sólidos totales son determinantes en el rendimiento quesero ya que la cuajada desuerada retiene aproximadamente la mitad en peso del conjunto de los componentes de la leche que forman el extracto seco total (Fox,2000)



Letras diferentes muestran diferencias mínimas significativas (DMS- $p < 0.05$).

Gráfica 5. Contenido de Sólidos totales (ST) en leche de cabra.

Fuente: El autor

Todas las muestras presentan diferencias mínimas significativas (DMS- $p < 0.05$), siguiendo la tendencia de las demás variables analizadas. Los resultados mostrados en la gráfica 5 revelan que la leche de la muestra 1 con 14,19 de ST, a pesar de no tener los sólidos totales más altos dentro de las leches analizadas, está por encima de lo reportado por Park en el 2006 (12.7%), Rawya *et al.*, 2014 (12.2%); por otra parte se encuentra dentro de los rangos de desviación estándar (11.54-18.54) determinados por Frau *et al.*, (2012) para la lactación (2-7 meses) en esa época del año, ubicándose en la parte más alta de la parábola de Poly y dentro de los rangos de pH y acidez en conjunto con la densidad que contribuyen al mejor desarrollo del gel.

Realizando una comparación con los valores promedios reportados por Park, (2006), Morand *et al.*, (2007), Queiroga *et al.*, (2010), Ribeiro *et al.*, (2011), Marinho *et al.*, (2014); Hayam *et al.*, (2014); se puede concluir que respecto a la grasa las muestras de las leches 2, 4, 5 están por debajo de lo reportado (3.8%); en cuanto a los sólidos no grasos las muestras de las leches 4 y 5 se encuentran por debajo del parámetro (8.9%). Respecto a los sólidos totales las muestras de las leches 4 y 5 presentan valores por debajo de lo determinado por investigadores referenciados anteriormente.

En síntesis, los valores de acidez registrados están en función de la curva de lactación, por otra parte la crioscopia es la característica más constante de la leche y su valor se utiliza para determinar el fraude (Alais, 1984), de acuerdo a lo cuantificado en esta investigación el valor de la crioscopia en las muestras 3, 4 y 5 no corresponden a los límites permitidos en la legislación Colombiana, mientras que los valores encontrados, en las muestras 1, 2 si se encontraban en los rangos permitidos por esta misma.(ver anexo E).

Alais (1984) indica que las propiedades fisicoquímicas de la leche influyen en la aptitud quesera, asimismo, Buffa *et al.*, (2001) afirma que el rendimiento quesero varía de acuerdo al contenido de grasa y proteínas quienes forman una matriz continua en el queso. Si se tiene en cuenta grasa y proteína la muestra 3 debería ser la seleccionada, pero, se determinó seleccionar la muestra de leche 1, correlacionando los parámetros fisicoquímicos en conjunto (Acidez, pH, densidad, crioscopia, ST, Proteína (SNG) con observaciones de otros factores influyentes.

Para Alais, (1984), la leche de cabra junto a la leche de vaca son las mejor equilibradas desde el punto de vista de la distribución de sus tres mayores componentes: proteínas, grasa y lactosa elementos relacionados con rendimientos y aptitud quesera, los valores encontrados en los análisis de la leche de cabra de la Garita concuerdan con esta afirmación debido a que se relacionan en forma directa.

Por otra parte, en concordancia con Morand *et al.*, (2007), la composición de macro y micronutrientes en la leche de cabra depende de factores de producción constituyentes del sistema productivo (genotipo, características reproductivas y sanitarias de los animales, condiciones agroclimáticas y ambiente socioeconómico) y de los métodos de producción (alimentación y ordeño). Dentro de una misma raza se han observado diferencias tanto en la producción y en la calidad de la leche producida por individuos sometidos a las mismas normas de manejo y alimentación (Adda *et al.*, 1982), por lo tanto se pudiera decir que las características encontradas en la composición de la leche de cabra de la Garita son propias de la zona y corresponden a los factores influyentes en la composición de macro y micronutrientes.

En la tabla 6 se presentan las características composicionales promedio de la leche de cabra empleada en la elaboración del queso de cabra evaluado

Tabla 6. Composición promedio de la leche de cabra empleada en la elaboración del queso. La Garita. 2015

Parámetro evaluado	Composición promedio min-max.		Desviación (DS)
Grasa	4.1%	4.7%	0.3
Proteína	3.3%	3.7%	0.1
SNG	8.3%	9.4%	0.2
ST	12.4%	14.4 %	0.4
Densidad	1.029	1.033	0.005
ATECAL (%)	0.14%	0.17 %	0.03
pH	0,66	0.68	0.002
Crioscopia	0.510	0.550	0.020

Fuente: El autor

La tabla 6 presenta la composición promedio de la leche de cabra empleada en la elaboración del queso evaluado, pudiéndose establecer que esta no difiere en densidad, acidez y pH de aquella reportada por la literatura, los porcentajes de proteína, grasa, SNG, ST y crioscopia presentan las composiciones valoradas y analizadas en los párrafos anteriores, permitiendo afirmar que la leche empleada reúne las condiciones técnicamente viables para el proceso, dentro de los rangos de la legislación Colombiana y puede asociarse con buenos rendimientos queseros.

4.1.7. Cuantificación del perfil de ácidos grasos de la leche cabra. Los ácidos grasos y la composición en la leche de cabra son importantes en la industria quesera por su influencia en las características finales del queso y su repercusión en la salud humana (Coronado et al., 2006; Grille et al., 2013; Núñez et al., 2016).

Si bien la proporción de ácidos grasos puede ser alterada mediante factores como la alimentación, raza, etapa de lactancia y medio ambiente (Jensen *et al.*, 2002), estos se encuentran en buen porcentaje en la leche de cabra y podría ser

considerada más saludable en comparación con leche de vaca debido a los contenidos bajos en ácidos grasos trans y altos en ácidos grasos de cadena corta haciendo que se destaque su homogenización natural y alta digestibilidad. La tabla 8 muestra los ácidos grasos presentes en la muestra de leche clasificados de acuerdo a recomendaciones de los expertos convocados por la FAO (2010).

Tabla 7. Clasificación general de los ácidos grasos presentes en leche de cabra

ÁCIDOS GRASOS DE CADENA CORTA	Butírico (C4:0)
	Caproíco (C6:0)
	Caprílico (C8:0)
	Cáprico (C10:0)
ÁCIDOS GRASOS DE CADENA MEDIA	Undecanoíco (C11:0)
	Laúrico (C12:0)
	Tridecanoíco (C13:0)
	Mirístico (C14:0)
	Miristoleico (C14:1n5)
	Pentadecanoíco (C15:0)
	Palmítico (C16:0)
	Palmitoleico (C16:1)
	Heptadecanoíco (C17:1)
	Cis-10heptadecenoico (C17:1)
	Esteárico (C18:0)
	Elaídico (C18:1n9t)
	Oleico (C18:1n9c)
	Linoléico (C18:3n6)
	g-Linolénico (C18:3n6)
	Linolénico (C18:3n3)
	Araquídico (C20:0)
	Eicosenoico (C20:1n9)
	Eicosadienoico (C20:2n6)
	Eicosatrienoico (C20:3n6)
	Araquidónico (C20:4n6)
	Eicosapentaenoico (C20:5n3)
	Heneicosanoico (C21:0)
ACIDOS GRASOS DE CADENA MUY LARGA	Behénico (C22:0)
	Tricosanoico (C23:0)
	Lignocérico (C24:0)

Fuente: El autor

(bajo los lineamientos de clasificación sugerida por consulta de expertos FAO/WHO, 2010).

Mediante la cuantificación de los ácidos grasos presentes en la muestra de leche seleccionada para la producción del queso semimadurado, se determinó que el 72% pertenecen al grupo de los ácidos grasos saturados, el 27,15% a los insaturados y el 0.68% al grupo de los trans, estando este último por debajo de los datos reportados por Grille *et al.*, (2013) y Chávez, (2007) factor que contribuye a disminuir el colesterol malo según lo establecido por este último. Es de resaltar que en leche de vaca los valores reportados para ácidos grasos trans es de 5.2% (Griguol *et al.*, 2007).

En orden decreciente la cuantificación de los ácidos grasos presentes en la muestra de leche mostró a los ácidos: Palmítico(C16:0), Oleico (C18:1n9c), Esteárico (C18:0), Mirístico C14:0), Capríco (C10:0), Laúrico (C12:0), Caprilíco (C8:0), Caproíco (C6:0), Butírico (C4:0); representan el 94,95 % de los ácidos grasos presentes, con una participación sobre el total en ese mismo orden así: palmítico (29%), oleico (26%), esteárico (10%), mirístico (9.6%), capríco (8.4%), laúrico (3.96%), caprilíco (2.56%), caproíco (2,50%) y butírico (1.93%).

De los ácidos antes mencionados el 75.5% son de cadena larga, 14.98% de cadena media, 4.44% de cadena pequeña o corta y el porcentaje restante pertenecen al grupo de los ácidos de cadena muy larga. Revisando los anteriores porcentajes se resalta los ácidos de cadena larga, relevante desde el punto de vista funcional, teniendo en cuenta que el 71% de los ácidos grasos de cadena larga son insaturados (Grille *et al.*, 2013). Los mecanismos de acción de estos ácidos permiten el movimiento de proteínas en su superficie y dentro de la capa bicapa lipídica (Ceballos *et al.*, 2009), factor determinante en términos nutricionales por la mejor adhesión a otros componentes haciendo la leche de cabra más completa en su conjunto comparada con otras leches.

Los ácidos de cadena media encontrados son el palmítico, esteárico, mirístico, capríco, laúrico y caprilíco en orden descendente (993, 339, 323, 283, 133 y 86 mg/100 g de muestra respectivamente) datos que comparados con leche de vaca son superiores concordando con lo reportado por Park, (1994); Boza y Sampelayo, (1997); Haenlein, (2001); Sanz *et al.*, (2007); quienes consideraron que una de las características de la leche de cabra con respecto a leche de vaca es su alto contenido de ácidos grasos de cadena pequeña y mediana y desde el punto de vista de la funcionalidad constituyen un suministro energético rápido, determinante en temas de malnutrición. Por otra parte los ácidos grasos de cadena media son metabolizados fácilmente debido a que son hidrolizados en el tracto digestivo y absorbidos sin necesidad de reesterificación.

El anexo A muestra que entre los ácidos grasos preponderantes de cadena corta el butírico y el caproíco, presentan una concentración de 65 y 84 mg/100 g en la muestra en forma de metilésteres. Estos ácidos, son considerados volátiles solubles; desde el punto de vista tecnológico, son importantes por su fuerte olor que caracteriza el enranciamiento; olor que disminuye cuando se pasa a homólogos superiores. Desde el punto de vista de la funcionalidad la cadena corta le confiere una alta digestibilidad a la leche.

El ácido butírico y caproíco representan un 4,4% del conjunto, constituyen la parte más característica de la leche de los rumiantes, junto con el ácido caprino (capríco) y laúrico, asimismo, asociados con los sabores característicos de los quesos (Alais, 1984) . Por otra parte, los valores encontrados de ácido caprilíco, caproíco y capríco, coinciden con lo reportado por Jensen *et al.*, (2002) quienes encontraron rangos de 1 a 5% para los ácidos mencionados.

Desde un contexto general los ácidos grasos de cadena corta o pequeña constituyen el 4.37% del total de los ácidos grasos presentes, en cuanto a los ácidos de cadena mediana se encuentran en una proporción de 14.91% sobre el valor total, mientras que los ácidos de cadena larga son dominantes con una representación del 80.39% frente al total de los ácidos reportados, finalmente los ácidos de cadena muy larga equivalen a 0.26%.

Desde el punto de vista individual la mayor proporción la presenta el ácido palmítico (993 mg/100g de muestra) y la menor proporción el cis-10 heptadecenoico ($\leq 1\text{mg}/100\text{ g}$ de muestra).

Son de especial interés el ácido linoleico (AL, omega 6) que tiene una representación general de 7% y el linolénico (ALA, omega 3) con un porcentaje de 1,28%, proporciones que sumadas a los valores de sus metabolitos el AA(araquidónico), y EPA (Eicosapentaenoico) dan un total de 9.32%. Estudios con animales han demostrado que el ácido linoleico retrasa la aparición de aterosclerosis, influye sobre los receptores de la hormona que regula los lípidos, inhibe la actividad de la lipoproteína lipasa que descompone las partículas de grasa en la sangre y aumenta la masa magra corporal (Park *et al.*, 1997; Yu L, 2001; Gaullier *et al.*, 2004)

Los AL y los ALA son precursores metabólicos de los ácidos AA presentes en la muestra con un porcentaje de 0.74% por encima del porcentaje en leche materna (0.5%) según lo determinado por Berhea *et al.*, (2016) su importancia está ampliamente referenciada (EFSA, 2014; Lauritzen *et al.*, 2014). La FAO/OMS (2010) estipula que la necesidad de AA para el desarrollo del cerebro en niños debe ser de 0.4 a 0.6%, el presente estudio arrojó un porcentaje de 0.74% valor

que se resalta debido a su incidencia en el desarrollo del cerebro, tejido nervioso, entre otros, además del desarrollo cognitivo en infantes.

Los ácidos grasos de la serie omega 3 y 6 presentes en las muestras de leche de cabra están por encima de lo reportado por Grille *et al.*, (2013), Mesquita *et al.*, (2014), Alyaqoubi *et al.*, (2015) y su importancia radica en el valor nutricional y nutraceuticos de los mismos cobrando relevancia con los reportes recientes de desnutrición en el país.

4.2 VARIABLES EN EL PROCESO DE ELABORACION DEL QUESO

4.2.1. Características fisicoquímicas de la leche: En la tabla 6 se establecieron las características fisicoquímicas de la leche para el proceso, aclarando que, desde el punto de vista microbiológico se encuentra bajo los NTC 750 de 2009.

4.2.2. Determinación de tiempo y temperatura de cuajado: La temperatura de cuajado es un parámetro que influye en la textura del gel formado, que una vez compactado dependerá de la presión ejercida, su humedad y pH (Bourne, 1982).

El tiempo de corte para todos los coágulos es de 30 minutos, a excepción del coagulo formado con la leche de la muestra 5, que a los 20 minutos presentó los primeros flóculos y fisuras en el gel (figura 10), este fenómeno ha sido explicado por la influencia de la temperatura sobre el tiempo coagulación (Alais, 1984), donde a mayor temperatura menor tiempo de coagulación, interviniendo allí otros factores como pH y composición de la leche. En conclusión las muestras de leches de mejor comportamiento en cuanto a consistencia y firmeza de gel son las coaguladas a 30, 37 y 40 grados centígrados por 30 minutos.

Una vez revisada la consistencia del gel mediante pruebas táctiles basadas en la observación del comportamiento frente a la sinéresis e hidratación durante la coagulación, se evalúan tres cuajadas (gel que ya ha tomado consistencia mediante prensado) de mejor comportamiento frente a los parámetros analizados y se someten a análisis de perfil de textura.

La tabla 8 presenta los valores de los parámetros de textura medidos a la cuajada con diferentes temperaturas de coagulación en un tiempo de corte de 30 minutos.

Tabla 8. Resultados promedios de TPA en cuajadas a diferentes temperaturas de cuajado por 30 minutos

Tratamientos	Dureza (N)	Cohesividad (gf)	Gomosidad (kgf)	Elasticidad (kgf.mm)	Masticabilidad
Cuajada (30°C/30min)	22,68±5,55 ^a	0,10±0,01 ^{a b}	0,23±0,07 ^{a b}	0,525±0,05 ^a	1,24±0,39 ^{a b}
Cuajada (37°C/30min)	27,92±7,96 ^{ab}	0,09±0,01 ^a	0,25±0,07 ^a	0,443±0,74 ^b _a	1,12±0,31 ^a
Cuajada (40°C/30min)	18,91±5,68 ^{ab}	0,08±0,01 ^b	0,16±0,04 ^b	0,89±0,84 ^a	0,79±0,28 ^b

*Letras diferentes en columnas hay diferencias mínimas significativas (DMS) entre tratamientos.

Fuente: el autor.

El análisis pots-hoc (DMS) indicó que existen diferencias significativas entre las diferentes cuajadas analizadas (dureza, cohesividad, elasticidad y masticabilidad) mostrando la influencia de la temperatura sobre las propiedades texturales de la misma.

En la tabla 8 se detallan las características de textura obtenidas en la cuajadas evaluadas. La elasticidad presento diferencias mínimas significativas (DMS- $p \leq 0,05$) en los tratamientos 30°C/30 min, 40°C/30 min; los valores más bajos

comparados con los encontrados por Medina *et al*, (2012), (0.88-0.89) quien caracterizo un queso de cabra derivado del Crottin de Chavignol cercano en sus características a la cuajada de estudio, pero, de más débil consistencia, según Castañeda, (2002) la elasticidad solo puede compararse entre productos de idéntica forma y tamaño entonces se deduce que esta es la causa de la variabilidad.

La elasticidad y la cohesividad presentaron poca variabilidad, en tanto que la dureza resulta altamente variable, según Crossa *et al.*, (2008) los parámetros texturales pueden tener mucha variabilidad considerándose precisos los valores de coeficiente de variabilidad menores del 10%, este mismo autor sostiene que el análisis reológico del fenómeno de deformación en quesos, como en el caso de la prueba de compresión es bastante complejo debido a que las estructuras no son uniformes y tiene grandes variaciones naturales.

La elección de la cuajada como variable de elaboración se basó en las siguientes consideraciones: en el caso de la variable 30°C/30 min el gel presenta una consistencia muy débil y de difícil manejo, con alta retención de agua; la tabla 9 muestra que este ocupa el segundo lugar en términos de dureza ($22,68 \pm 5,55\text{N}$) con los mayores valores en elasticidad, masticabilidad y cohesividad del grupo ($0,525 \pm 0,05 \text{ kgf.mm}$); $1,24 \pm 0,39$; $0,10 \pm 0,01\text{gf}$; respectivamente). Respecto a la variable 40°C/30 min el gel es aún más débil que el del tratamiento 30°C/30min, la cuajada menos compacta y con apariencia porosa, la tabla 8 muestra que todos los parámetros evaluados están por debajo con respecto de los valores encontrados en el tratamiento 30°C/30 min; dureza: $18,91 \pm 5,68\text{N}$; cohesividad: $0,08 \pm 0,01\text{gf}$; y masticabilidad: $0,79 \pm 0,28$ a excepción de la elasticidad con un valor de $0,489 \pm 0,84 \text{ kgf.mm}$ ocupando el segundo lugar dentro del grupo.

En la cuajada seleccionada (tratamiento 37°C/30 minutos) la diferencia en la textura es evidente, presentando una mayor dureza ($27,92 \pm 7,96\text{N}$), una cohesividad y masticabilidad media ($0,09 \pm 0,01\text{gf}$; $0,443 \pm 0,74$) y una apariencia más lisa y brillante sin poros visibles. En términos de rendimiento la relación leche/cuajada obtenida fue más alta (16,7 % en promedio) coherente con 17% referenciados por Chacón, (2009).

Los valores del pH, dureza y humedad en conjunto influyen en que la cuajada resultante tenga una consistencia blanda pero firme, húmeda y muy cercana a la neutralidad con valores de $27,92 \pm 7,96\text{N}$; $57.9 \pm 0.2\%$; 6.8 ± 0.03 respectivamente, al confrontar los valores consignados con los referenciados por Medina *et al.*, (2012); en quesos frescos de cabra, la dureza no se encuentra dentro de los rangos establecidos (12 ± 8 - $23 \pm 2\text{N}$) mientras que la humedad y el pH presentan valores cercanos a los rangos reportados por este (59.3 ± 0.3 ; 6.8 ± 0.03), se puede asumir que la variación se debe a que la cuajada evaluada (asumida como queso fresco) es sometida a prensado. La dureza resulto ser muy variable, pero, se encuentra dentro de los rangos reportados (13-37 N) en estudios similares (Medina *et al.*, 2012). Los valores más bajos se encontraron al aplicar la menor temperatura y los más altos a temperatura de $40 \pm 1^\circ\text{C}$.

Se puede decir que la dureza está relacionada con el tipo de queso obtenido, con humedad de 57.9%, consistente con los quesos de su tipo (de pasta blanda) en estado fresco (Adda *et al.*, 1982) y sus valores corresponden a la tecnología quesera utilizada

Encontrado el parámetro de tiempo y temperatura de cuajado ($37^\circ\text{C} \pm 1/30 \text{ min}$), se da continuidad al proceso de elaboración del queso.

Por otra parte, preliminarmente, se evaluó el ambiente de producción mediante un empaque adecuado determinando que el mejor comportamiento en la curva de pH se obtiene cuando se utiliza una quesera casera, ya que permitió una regulación natural de la humedad y la temperatura (semejando las cavas de maduración con temperatura de 10°C y HR de 75%), sumado a un mejor desuere sin tener contacto con el queso manteniéndolo seco con formación de corteza.

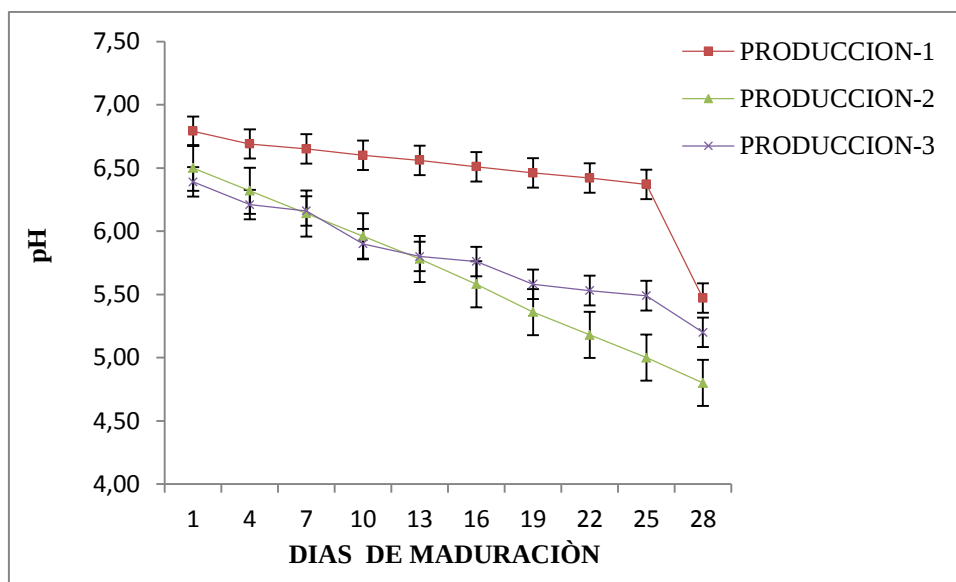
A continuación se detallan los parámetros de elaboración establecidos para el queso semimadurado de cabra en la Garita Norte de Santander.

4.2.3. Características fisicoquímicas del queso semi madurado de cabra. La importancia del seguimiento de las variables fisicoquímicas en la maduración de los quesos es un proceso complejo que involucra varios fenómenos físicos y químicos.

Determinación del comportamiento de la acidez titulable. Los diez quesos generados en las producciones del estudio se encontraron con un valor ATECAL promedio para queso fresco de 0.14%, enmarcada dentro de los márgenes establecidos por Park et al., (2006); Queiroga et al, (2012); Frau et al., (2014); muy similar a la leche utilizada en el proceso. En queso semimadurado (28 días) el valor promedio de la acidez titulable es de $0.57\% \pm 0.2$ lo cual es coherente con quesos de tipo artesanal que maduran con relativa rapidez y presentan un aumento en la acidez y disminución en el pH debido al proceso de glicolisis (Ramón et al., 2013).

Determinación del comportamiento del pH en queso fresco y maduro. Durante la maduración se desarrollan cambios físicos y químicos como la glicolisis, lipolisis y proteólisis que generan nuevos sabores y aromas (Kondyli et

al., 2003), influenciando el valor del pH, por otra parte la acción enzimática, la producción y la fermentación de la lactosa, afectan los cambios en el pH (Ordoñez *et al.*, 1998; Lebecque *et al.*, 2004; Pihno *et al.*, 2004). La grafica 5 muestra la tendencia del pH, durante la maduración..



Grafica 6. Comportamiento del pH durante la maduración.

La grafica 6 muestra que el pH tiende hacia la neutralidad en los primeros días de maduración. Se puede apreciar que en las tres producciones la evolución del pH decrece pero en todos los casos está por encima de 4.5, o que indica un buen comportamiento del pH acorde con el tipo de queso evaluado obedeciendo a los cambios bioquímicos al interior del mismo.

La evolución del pH, sitúan a los queso de estudio dentro de los rangos determinados por otros investigadores con quesos de similares características (de coagulación enzimática, sin adición de fermentos), Chacón, (2003); Park, (2006); Almenara, (2007); Oliveira, (2012) y se puede decir que se encontraron dentro de

los rangos establecidos para quesos frescos de este tipo (6.7-6.3). Los valores de pH (5.28) y humedad (57.9) obtenidos en el queso de estudio en el día 28 (semimadurado), coinciden con el artesanal tipo Ibores (González *et al.*, 2003).

El pH es un estimativo de la vida útil en el queso, su descenso es posiblemente provocado por la actividad de la flora láctica presente que produce la fermentación de la lactosa y el descenso del pH (Ordóñez, *et al.*, 1998). Se hace necesario en el almacenamiento cuidar de las condiciones de temperatura y humedad relativa de tal forma que se den los procesos bioquímicos de desarrollo de sabor y aroma propias de la glicolisis del mismo, sin perjuicio de su vida útil, esto explica porque la manufactura en el ambiente de producción de quesera casera se comportó mejor frente al pH bajo condiciones de temperatura de 10°C, 75%HR y drenaje del suero constante.

Tras la maduración según los parámetros del Código Alimentario para quesos (Stándar 283-1978) y las resoluciones 2310 de 1984 y 1804 de 1989 se puede clasificar como un queso firme semiduro con valores de 54-69% de humedad y 25-45% de grasa tipo suave concordando con las características de humedad y pH del queso artesanal tipo Ibores

Los cambios en el comportamiento de las características fisicoquímicas y de estructura que ocurren a través del transcurso de la maduración de los quesos son consecuencia de los procesos bioquímicos de glicolisis y proteólisis produciendo cambios en la estructura de las grasas y la matriz interna de los mismos (Fox *et al.*, 2000). La tabla 9 presenta los valores de algunas propiedades fisicoquímicas del queso de cabra después de su maduración.

Tabla 9. Composición fisicoquímica del queso semimadurado de cabra

Parámetro evaluado	Valor promedio	Desviación (DS)Máxima
Rendimiento	16.7%	1
ATECAL	0.58	0.3
pH	6.56	0.002
Grasa (base húmeda)	28	0.3
Humedad	51%	0.3

Fuente: El autor.

4.3. COMPORTAMIENTO DE LA TEXTURA Y EL COLOR DURANTE LA MADURACIÓN.

4.3.1 Textura: El queso es un producto lácteo, viscoelástico cuya relación esfuerzo/deformación dependen del factor tiempo y cuyas propiedades reológicas están determinadas por la composición química del producto en conjunto con el proceso tecnológico. Para Demonte (1995) el TPA en quesos resulta un método de evaluación textural eficaz por ser poco quebradizo y en virtud de que su dureza y elasticidad son determinantes en la evaluación de textural.

La tabla 10 muestra los resultados del TPA en los días 0 y 28 días de maduración del queso de cabra elaborado con leche de cabra de la Garita (Norte de Santander)

Tabla 10. Características texturales en queso fresco- semimadurado de leche de cabra

Queso	Dureza(N)	Cohesividad (gf)	Gomosidad (kgf)	Elasticidad (kgf.mm)	Masticabilidad
O días	27,92±7,9	0,09±0,01	0,25±0,07	0.443±0,74	1,12±0,31
28 días	37,34±5,7	0.09±0,02	0.39±0,05	0,37±0,65	1,50±0,28

Fuente: el autor.

En la tabla 10 se puede observar que tras los días de maduración la dureza y la masticabilidad se incrementaron, por otra parte la cohesividad se mantuvo constante, en tanto que la elasticidad disminuyó. En términos generales estos cambios concuerdan con lo reportado por Álvarez *et al.*, (2007), este parámetro textural se puede explicar en quesos semimadurados con mayor cantidad de cadenas proteicas, donde la membrana del glóbulo graso aparece generalmente rota, generando una disminución en la elasticidad al transcurrir el tiempo. Por otra parte según Adda *et al.*, (1982), el aumento de la dureza es atribuible a los cambios que sufre el producto durante su maduración, especialmente la disminución de la humedad, factor determinante en la textura de los quesos donde bajos contenidos de agua se asocian con quesos duros y poco elásticos;. Al correlacionar dureza y humedad estas se relacionan en forma inversa (27N-57.9%; 37-51.4%).

La dureza junto con el color y el sabor son variables importantes que el consumidor considera en forma inmediata, como criterio para establecer la calidad de un queso (Lucey *et al.*, 2003)

4.3.2. Color. Los quesos de cabra presentan un color blanco característico, con altos valores de luminosidad y tono ligeramente amarillo, coloración más blanca en relación a la leche vacuna (Chacón *et al.*, 2009). Lo anterior se fundamenta en el bajo contenido de carotenoides de la leche de cabra.

El valor del color inicial que caracterizo el queso fresco externo fue de $L^*=83.09$ y en el queso semimadurado su valor fue de $L^*=81.62$ indicando que a medida que madura pierde luminosidad

La tabla 11 muestra el comportamiento del color durante el día 0 (queso fresco) y el día 28, presentando los valores obtenidos para las coordenadas CIEL*a*b

Tabla 11. Tendencias en el color de las muestras de estudio

Tratamientos		a	b	L
Queso externo	fresco	$-0,2833 \pm 0,20306^a$	$9,2333 \pm 0,83068^a$	$83,0967 \pm 0,86396^a$
Queso interno	Fresco	$-0,9633 \pm 0,03055^b$	$8,9167 \pm 0,14572^a$	$85,2633 \pm 0,52520^b$
Queso semimadurado externo		$-0,5767 \pm 0,21008^{cb}$	$10,6567 \pm 0,26102^b$	$81,6233 \pm 0,80637^{cd}$
Queso semimadurado interno		$-0,8300 \pm 0,04359^{dcb}$	$9,4100 \pm 0,58284^a$	$80,6400 \pm 0,77253^{dc}$

*Letras diferentes en columnas hay diferencias mínimas significativas (DMS) entre tratamientos.

Fuente: el autor.

Los quesos evaluados presentaron una alta luminosidad en los dos casos (fresco y semimadurado) siendo mayor en el queso fresco internamente (85.26) y en el queso semimadurado externamente (80.64), estos valores son característicos de los quesos de cabra que tienen la tendencia a presentar coloraciones muy blancas (Chacón *et al.*, 2009, Medina *et al.*, 2012), las diferencias significativas entre parte

interna y externa y su correlación, entre fresco y maduro es una tendencia normal dentro de la formación de la pasta.

Los valores de $-a^*$ son muy bajos lo que significa que es casi imperceptible el color verde, un valor b^* cercano al 10 en el caso del queso fresco externo indica una leve coloración amarilla, esto se fundamenta en el contenido bajo de carotenoides.

La luminosidad y la coordenada a^* disminuyeron con el transcurso del tiempo, probablemente la concentración de sólidos influya en la reducción de L^* . (Rodríguez, 2007), determinó que el color del queso está influenciado por el color de la leche de fabricación y tiende a tonalidades más pardas a medida que transcurre la maduración, debido especialmente a la hidrólisis de las grasas.

Por otra parte b^* se incrementó, según Lucas *et al.*, (2008) el aumento de b^* está relacionado con la proteólisis y reacciones de pardeamiento, un aumento de b^* también, influye en una disminución del tono.

En términos generales medida que transcurre la maduración el queso incrementa la tonalidad amarilla y se evidencia mayor pureza en el color. Todos los parámetros de color determinados presentan variabilidad muy baja, lo que indica que a pesar que el queso se fabrica en forma artesanal, su color se mantiene considerablemente constante, debido a la misma naturaleza de las comparaciones especialmente en a^* y b^* .

Los cambios de color consignados son similares a los obtenidos por Chacón *et al.*, (2009) en queso duro de cabra, lo que significa que en quesos de cabra la tendencia es a ser muy blancos.

4.4. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN QUESO SEMIMADURADO:

De los valores obtenidos, comparando leche y queso hasta 28 días, se pudo determinar en términos generales que los ácidos grasos saturados presentaron un incremento de 6.82%, mientras que los ácidos grasos insaturados disminuyeron en un 6.53%, observándose una relación inversamente proporcional, por su parte los ácidos grasos trans se reducen en 0.12%.

Partiendo de lo señalado por Travieso, (2010), quien reportó que una dieta con contenido de 40 g de grasa láctea (queso), ingerida diariamente durante 4 semanas no aumenta el colesterol total ni el colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (LDL-C) y lo determinado por Clemente *et al.*, (2003); quien demostró que la estructura física de alimentos ricos en grasas (leche, queso mozzarella y mantequilla) no tiene un efecto importante en las concentraciones postprandiales de TG en plasma; se puede deducir desde ese punto de vista, basados en la cuantificación de los ácidos grasos encontrados en la la leche de cabra de la Garita, Norte de Santander, que la grasa contenida en el queso de cabra en estudio no afectara los niveles de colesterol de los consumidores.

Por otra parte, en términos de ácidos grasos estos tienen una gran influencia en la síntesis *de novo*, siendo el producto final el ácido palmítico, (16:0) presente en la muestra de manera mayoritaria, por esta razón el queso de cabra se constituye en una rápida fuente de energía (FAO, 2010)

El ácido palmítico, esteárico y láurico presentes en las muestras de leche y queso de estudio (tabla 13) son ácidos grasos saturados constituyentes esenciales de los

fosfolípidos, algunos están asociados con las proteínas y se requieren para el normal funcionamiento de estas, resultando su presencia benéfica para el organismo humano y una ventaja en la composición de la leche evaluada.

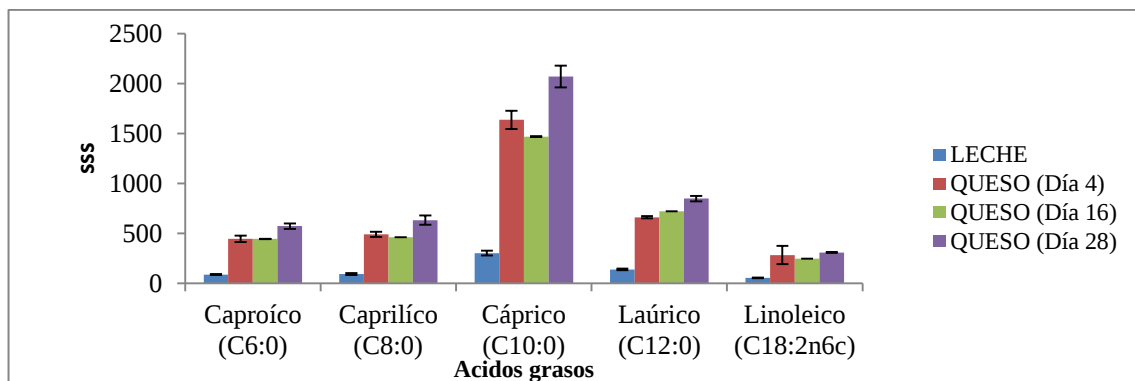
Tabla 12. Ácidos grasos predominantes presentes en muestra de leche y queso de cabra (mg/100 g)

Acido	Laúrico	Mirístico	Palmítico	Estearico
Leche	133	323	993	339
Queso	850	2010	6261	1589
% de Incremento	639	622	630	468

Fuente: el autor.

La tabla 12 muestra que el valor más alto del incremento lo tiene el ácido laúrico, aunque en términos cuantitativos el total más alto corresponde al ácido palmítico; partiendo de que es más sano obtener la energía de las grasas, que de los carbohidratos y que en países en vía de desarrollo sobre todo en el sector rural la disponibilidad de grasas es baja en relación con los países desarrollados (British Nutrition Foundation, 2006), esta valoración es importante porque por cada 100 gramos de queso semimadurado de la muestra estudio se obtendrán 6261 mg de ácido palmítico de una manera altamente digerible.

En cuanto al ácido esteárico este no aumenta el nivel de colesterol en la sangre, asimismo como los ácidos mirístico, laúrico y palmítico, porque son transformados rápidamente en su forma monoinsaturada (ácido oleico C18:1) en el hígado (British Nutrition Foundation, 2006).



Grafica 7. Comportamiento del perfil de ácidos grasos (6-18 C).
Fuente: El autor

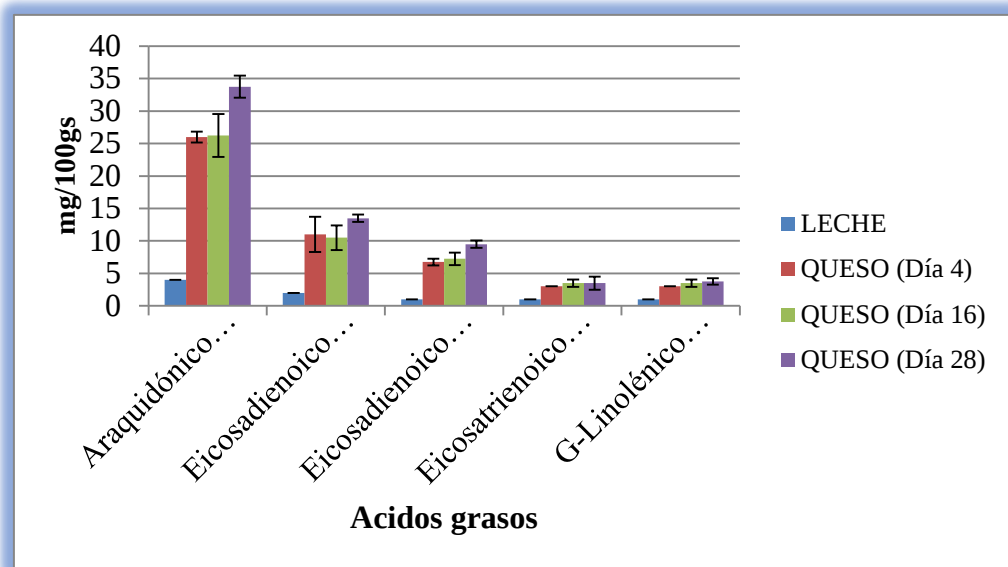
En términos de incidencia en los procesos tecnológicos el ácido caproíco se incrementó a través de la maduración este valor es importante por la relación existente entre la presencia del mencionado ácido con el sabor agrio de la leche de cabra. Por otra parte, no presenta diferencias mínimas significativas ($DM < 0.05$) con respecto al ácido Caprílico en leche en los días 4 y 16, en quesos continúa con esa tendencia. Se ha demostrado que en quesos este valor puede influir en las características propias del mismo (Corrales, 2011).

La gráfica 7, muestra, que el ácido capríco presenta una diferencia mínima significativa ($DM < 0.05$) disminuyendo en el día 16 posiblemente esto se deba a su tendencia volátil, este comportamiento deberá ser estudiado más ampliamente ya que este ácido tiene que ver estrechamente con el sabor característico del queso de cabra.

Los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), están representados por el ácido oleico, su incremento entre leche y queso al término de los 28 días es del 25%, importante por su papel en la estructura lipídica de las membranas particularmente en la mielina del sistema nervioso (Sanhueza et al., 2015).

El ácido Linoleico (C18:2n6c) presenta diferencias mínimas significativas ($DM < 0.05$), cobra importancia por ser el precursor de la serie n-6, el incremento del mismo de casi 170% en el día 28 junto con lo reportado en leche (7% del total de los ácidos grasos esenciales presentes y 1.28% como porcentaje individual), son valores importantes debido a la relación de este ácido con efectos anti carcinógenos y antilipógenos, (McGuire y McGuire, 2000; Sanz *et al.*, 2006). según la ruta metabólica (Gómez *et al.*, 2011) el mencionado ácido es precursor del AA.

Se puede observar en la gráfica 7 como sobresale el AA con diferencias significativas ($DM < 0.05$) dentro del grupo. Este ácido está presente en la muestra de leche y queso (4- 33.75 mg/100g de muestra respectivamente) sin diferencia mínima significativa ($DM < 0.05$) en los días 4 y 16 de la maduración, es considerado el PUFA n-6 más importante de la serie por ser el precursor principal de las prostaglandinas de la serie 1 y 2, moléculas importantes para la regulación de la inflamación, el dolor, la presión sanguínea, entre otros (FAO, 2010).



Grafica 8. Ácidos grasos esenciales leche/días de maduración.
Fuente: El autor

En la gráfica 8 se observa el derivado metabólicos EPA (ácido Eicosapentaenoico) que pertenece a la serie omega 3, asociado con disminución del riesgo de enfermedades coronarias (FAO, 2010), presente en las muestras con una concentración baja, pero, significativamente estable a través de los días de maduración, sin diferencias mínimas significativas ($DM < 0.05$) respecto al Eicosatrienoico en lo que respecta a la leche y en concentración mayor con respecto a otros eicosanoides. Los investigadores médicos recomiendan dietas habituales que aporten mayor cantidad de omega 3 de manera tal que se obtengan más EPA y DHA de tal forma que esta sea menos inflamatoria y por lo tanto más saludable (Sanhueza *et al.*, 2015).

Los análisis del queso de cabra en los días 4, 16 y 28 mostraron presencia de DHA, (cromatogramas anexos A, B, C y D), el DHA participa activamente en el desarrollo del sistema nervioso central y visual, especialmente durante la vida intrauterina y los primeros años de vida, además en los últimos años se ha propuesto a este ácido graso como un potente agente

neuroprotector, frente al envejecimiento y el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas, como la enfermedad de Alzheimer (FAO, 2010; EFSA, 2014;).

Estudios recientes han demostrado que el EPA y el DHA son metabolizados en compuestos bioactivos capaces de resolver la inflamación, recordando que muchas enfermedades son producto de estados inflamatorios crónicos (diabetes, ateromatosis, obesidad, hipercolesterolemia) la que a su vez podría interrumpir la homeostasis metabólica (Valenzuela *et al.*, 2011). Es importante resaltar que solo se alcanzan altos niveles de EPA y DHA en la sangre u otras células cuando estos son incorporados como tales en la alimentación.

Según la gráfica 7 los eicosanoides presentes en las muestras (Eicosadienoico (C20:2n6); Eicosadienoico (C20:2n6); Eicosatrienoico (C20:3n6;)) se encuentran en bajas proporciones sin diferencias mínimas significativas ($DM < 0.05$) entre ello, en la muestra de leche y queso, incrementándose su valor en las muestras de quesos en los diferentes días de maduración, mostrando al queso de cabra como una alternativa nutricional, dado sus principales destinos metabólicos y la rapidez con que son oxidados.

Tabla 13. Ácidos grasos sobresalientes en leche/ queso diferentes tiempos de maduración (mg/g)

Ácido grasos	Leche	Queso (día 4)	Queso (día 16)	Queso (día 28)
Caproíco (C6:0)	88,00±4,61 ^{9a}	445,50±32,171 ⁱ	445,50±67,441 ⁱ	573,50±27,234 ^p
Caprilíco (C8:0)	93,50±8,660 ^a	491,50±25,410 ⁱ	462,00±22,730 ⁱ	633,50±45,406 ^k
Cáprico (C10:0)	303,50±23,671 ^b	1636,50±90,751 ^j	1469,50±312,005 ^j	2069,75±107,708 ^q
Laúrico (C12:0)	139,50±7,506 ^c	662,25±11,354 ^k	721,50±11,504 ^o	848,50±28,630 ^r
Linoleico (C18:2n6c)	55,00±2,309 ^d	284,00±92,141 ^b	248,00±14,765 ^b	309,75±5,315 ⁱ
Linolénico (C18:3n3)	7,50±0,577 ^e	44,00±0,816 ^l	45,50±3,697 ^l	57,00±1,826 ^s
Araquidónico (C20:4n6)	4,00±0,000 ^f	26,00±0,816 ^m	26,25±3,304 ^m	33,75±1,708 ^t
Eicosadienoico (C20:2n6)	2,00±0,000 ^g	11,00±2,708 ⁿ	10,50±1,915 ⁿ	13,50±0,577 ⁿ
Eicosapentaenoico (C20:5n3)	1,00±0,000 ^h	6,75±0,500 ^e	7,25±0,957 ^e	9,50±0,577 ⁿ
Eicosatrienoico (C20:3n6)	1,00±0,000 ^h	3,00±0,000 ^{n̄}	3,50±0,577 ^{n̄}	3,50±1,000 ^{n̄}
G-Linolénico (C18:3n6)	1,00±0,000 ^h	3,00±0,000 ^{n̄}	3,50±0,577 ^{n̄}	3,75±0,500 ^{n̄}

*Letras diferentes indican diferencia mínimas significativas (DMS) entre los tratamientos (p<0,05). ± Desviación estándar.

Fuente: El autor

Se puede observar mediante la tabla 13 los incrementos de los ácidos grasos encontrados en la muestra de leche y queso evaluados. El ácido linolénico no presenta diferencia mínima significativa (DM< 0.05) en el día 14 y 16 de la maduración, logrando un incremento en el día 28 de maduración (57mg/100gs), mientras que el linoleico alcanza un valor de 309,75 mg/100gs, Partiendo de la ruta metabólica de la serie 3 y 6 (Gómez *et al.*, 2011), los precursores de los ácidos grasos esenciales y sus metabolitos se encuentran presentes en la muestra de leche y queso evaluados, aspecto relevante en términos nutricionales.

Las revisiones durante la presente investigación hacen concluir la necesidad de estudios adicionales interdisciplinarios que permitan obtener datos sobre las cantidades óptimas de asimilación y metabolismo, así como sobre los efectos tanto a corto como a largo plazo y posibles efectos secundarios de cada isómero de los ácidos grasos esenciales, con el fin de determinar su seguridad y eficacia, ya un desbalance en la relación omega 6/omega 3 en la dieta se traduce en un círculo negativo para varias enfermedades.

CONCLUSIONES

Se determinó la composición fisicoquímica de la leche de cabra procedente de la Garita (Norte de Santander), encontrándose dentro de los rangos establecidos en el Decreto 616 del 2006 para pH, acidez, crioscopia, ST, proteína; con una composición de sólidos totales de 12.4 a 14.4%, indicando una buena aptitud quesera en un tiempo de lactación (2-7 meses).

Se establecieron como variables de proceso en la elaboración del queso artesanal semimadurado de leche de cabra de la Garita Norte de Santander: 30 minutos tiempo de coagulación, temperatura de cuajado $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ y dureza inicial de la cuajada $27\pm 7.96\text{N}$.

La evaluación de textura de los quesos semimadurados elaborados con leche de cabra de la Garita, Norte de Santander, evidencio que el producto madurado presento un incremento en el parámetro de dureza ($27\pm 7.96\text{N}$ - $37.34\pm 5.7\text{N}$) y masticabilidad (1.12 ± 0.31 - 1.50 ± 0.28); la cohesividad se mantuvo constante ($0.09\pm 0.01\text{gf}$) y elasticidad disminuyo (0.443 ± 0.74 - 0.37 ± 0.65), estos cambios son propios de este tipo de quesos.

Los quesos frescos presentan mayor luminosidad internamente ($85,2633\pm 0.5252$) en comparación con los semimadurado externamente ($81,6233\pm 0.80637$); observando un incremento en la tonalidad amarilla durante la maduración.

Los ácidos grasos presentes en leche y queso de cabra son del 75,5% de cadena larga, 14.98% de cadena media y 4.44 % de cadena corta y solo un 0.26% son considerados como trans.

El ácido Linoleico (C18:2n6c) precursor de la serie n-6 y n-3, presentaron en la maduración (28 días de maduración) un incremento del 170 y 190% respectivamente comparándolo con lo reportado en muestras de leche.

El análisis el perfil de los ácidos grasos cuantificados presentaron: el ácido Linoleico (AL, omega 6) un 7%, el Linolénico (ALA, omega 3) un 1.28%, sumando los metabolitos AA y EPA da un total de 9.32%; ácidos de gran interés por su valor nutricional ampliamente referenciados.

Los metabolitos DHA, EPA, y AA presentan valores superiores si se comparan con leche y derivados lácteos de vaca, oscilando entre 1 y 27 mg/100g respectivamente. El AA presenta un 0.74% por encima de la leche materna (0.5%), vital para el desarrollo del cerebro en niños.

Los resultados anteriores muestran que la transformación de la leche de cabra en productos artesanales como el queso, contribuye al mejoramiento de las técnicas queseras e incentivan el consumo de estos.

RECOMENDACIONES

Debe ser socializada la presente investigación a nivel regional y de estudiantes, ya que enriquece las alternativas alimentarias emergentes. Asimismo, poner en marcha proyectos tendientes a la promoción del producto, de tal forma que se convierta en un alimento básico en la alimentación de la población infantil de Norte de Santander y otros departamentos, con el fin de mejorar los niveles nutricionales e impactar positivamente en la salud de los pobladores del departamento.

Se deberán formar equipos de investigadores interdisciplinarios con el fin de hacer estudios médicos, sensoriales y de digestibilidad más extensos para determinar el nivel de agrado de este queso y poder realizar un seguimiento nutricional a su ruta metabólica. Se necesitan investigaciones futuras sobre los efectos de consumo de grasas para llegar a conclusiones convincentes al respecto quedando el desafío para los profesionales expertos en alimentos para liderar dichas investigaciones.

Se debe diseñar una cámara de maduración de bajos costos y fácil adquisición que controle las variables del queso en términos de temperatura y humedad relativa, pero, conservando la características autóctonas del producto artesanal.

Debe ser punto de partida la evaluación realizada en este trabajo para investigaciones regionales que establezcan características de origen. Los preliminares no consignados en esta investigación determinaron cualidades únicas en el producto y su leche.

Se debe hacer un estudio más complejo de aquellos ácidos grasos con propiedades de funcionalidad, dada la potencialidad encontrada en el presente estudio.

Se deben hacer réplicas de la producción del queso semimadurado, evaluando las características bioquímicas, sensoriales y texturales mediante seguimiento en un determinado tiempo de maduración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alais, C. (1984). La ciencia de la leche. CECSA, México, D.F. 477.

Adda, J. Gripon, J.C. Vassal, L. (1982). The chemistry of flavour and texture generation in cheese. *Food Chemistry*, 9(1):115-129.

Aguilar, C. Toro-Mujica, P. Vargas-Bello-Pérez, E. Vera, R. Ugalde, C. Rodríguez, S. (2014). Comparative study of the fatty acid profiles in commercial sheep cheeses. *Grasas y Aceites*, (65), 1-7.

Albezio, M. Campanozzi, A. D'apolito, M. Santillo, A. Pettoello, M. Mantovani, A (2011). Differences in protein fraction from goat and cow milk and their role on cytokine production in children with cow's milk protein allergy. *Small Ruminant Research*, (105), 202-205.

Almenara, D. Perera, X. Ramírez, N. Cañellas, N Correig, X. Brezmes, J. (2015). Compound identification in gas chromatography/mass spectrometry-based metabolomics by blind source separation. *Journal of Chromatography*, (1409), 226-233.

Álvarez, R. Mach, N. (2011). Efectos de los ácidos polisaturados omega 3 y omega 6 en el riesgo de cáncer de mama. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, (15), 189-193.

Álvarez, R. (2007). Correlaciones de textura y color instrumental con la composición química de quesos de cabra canarios. *Arch. Zootecnia* (1): 663-666

Angulo, A. Regoa, A. Cova A. Rodríguez, B. (2013). Evaluación del cambio de estructura de un queso de cabra durante su maduración mediante microscopía electrónica de barrido. 169-173.

Arnaud, F. Carro, S. De los Santos, R. Grille, L. Vera, **S.** (2009). Acidez y prueba de estabilidad de leche y derivados. Departamento de Ciencia y Tecnología de la leche. Montevideo: Facultad de Veterinaria, Universidad de la República.

Arroyo, O. (2005). La importancia de la leche de cabra y sus derivados. *Agro Enfoque*, 20 (147), 76-81.

AOAC. (1984). Association of official analytical chemistry. 14th .edition:278. (16.023).

_____.(1990). Association of Official Analytical Chemistry. 15th.Ed, Arlington, Virginia-USA; 931-935.

Ballesteros, M. Valenzuela, L. S. Artalejo-Ochoay, E. Robles-Sardin, A.E. (2012). Ácidos grasos trans: un análisis del efecto de su consumo en la salud humana, regulación del contenido en alimentos y alternativas para disminuirlos. *Nutricion Hospitalaria*, 27 (1), 54-64.

Barrionuevo, M. López, I. Alférez, M.. Mesa, E. Nestáres (2003).Efecto beneficioso de la leche de cabra sobre la biodisponibilidad de cobre, zinc y selenio en rata. *Journal of Physiology & Biochemistry*, (59), 111-118.

Berhea, D. Eskildsen, C. Lametscha, R. Hviidb, M. Berga, F.Engelsen, S. (2016). Prediction of total fatty acid parameters and individual fatty acids in pork backfat using Raman.

Bohinski, R. (1991). Bioquímica. Quinta edición. Pearson educación. 433.

Boza, J. Sanz Sampelayo, M.R. (1997). Aspectos nutricionales de la leche de cabra. *ACVAO*, (10), 109- 139.

Buffa, M. Trujillo, A. Pavia, M.Guamis, B. (2001). Changes in textural, microstructural, and color characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats' milk. *International Dairy Journal*, (11), 927-934.

Bunout, D. Escobar, E. Prevención de enfermedades cardiovasculares: ¿deben aplicarse los mismos criterios en América Latina que en Europa y Norte América? (2000). *Rev. Esp. Cardiol.* (53), 889–895.

Burlingame,B. Nishida, C. Uauv, R. Weisell,R. (2009). Fats and fatty acids in human nutrition. *Joint FAO/oms Expert Consultation. Ann Nutr metab*, 55:1-3

British Department of Health. Nutritional aspects of cardiovascular disease. (1994). *Report on Health and Social Subjects* N° 46, HMSO, London, UK.

Cabo, L. Achón, M. González, M. (2015). Influencia de los ácidos grasos poliinsaturados en la prevención y promoción del cáncer. *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 41-49. doi:10.3305/nh.2015.32.1.8721

Calder, P.C. (2016). Fatty Acids: Metabolism. *Encyclopedia of Food and Health*. 632–644.

Calderón, A. Pizarro, M. Rizzoli, A.(2012). *Boletín Médico del Hospital Infantil de México* (Departamento de Ediciones Médicas del Hospital Infantil de México Federico Gómez). 69 (4), 265-270.

Capra. (2004). *La composición de la leche de cabra y su papel en la alimentación humana* (en línea). Consultado 16 sep. 2015. Recuperado de: <http://www.iespana.es/>

Carrero González, Humberto (2004) *La cabra especie ideal para pequeñas fincas*
Recuperado de:
http://biblioteca.colanta.com.co/index.php?lvl=notice_display&id=11140

Castañeda, R. (2002). La reología en la tipificación y la caracterización de quesos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 20 (26), 48- 53.

Castañeda, V. Montaldo, H. Torres, M. Valencia, M. Hernández, O. Shepard, L. (2014). Estimation of genetic parameters for productive life, reproduction, and milk-production traits in us dairy goats *Journal of Dairy Science*. 97 (4), 2462-2473.

Chacón, A. (2003). La elaboración del queso fresco y otros derivados lácteos: guía básica artesanal y de la pequeña industria. Ed. Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, San José. 66.

_____. (2005). Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones en el proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 239-252.

_____y. Gamboa M. (2008). Perceptions and consumption habits of costa ricans toward goat's milk and dairy). *Agronomía Mesoamericana*. 19(2), 241-250.

Chacón, A. Pineda-M. (2009).Chemical, physical and sensorial characteristics of goat cheese elaborated from a "crottin de chavignol" modified recipe *Agronomía Mesoamericana*, (20) 2, 297-309.

Chandan,.C., Attaie, R.; Shahani, K.M. (1992). Nutritional aspects of goat milk and its products. V International Conference on Goats. Pre-Conference Proccedings, NewDelhi, India, (2), 399-420.

Chavez, M. Margalef, M. Martínez, M. (2007). Cuantificación de lipólisis en leche caprina (Saanen) cruda y térmicamente tratada. *ALEPR y CS. Vº Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos*.

Coronado, M. Vega, S. León, R. (2006). Los ácidos grasos omega 3 y 6. *Nutrición, Bioquímica y Salud. REB* (25) 71-79

Damian, J.P; Sacci, I, Reginesi, S; De Lima, D; Bermudez, J. (2008) Cheese yield, casein fractions and mayor componentes of milk of Saanen and anglo Nubian dairy goats. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*. (60)1564-1569.

Demonte, P. (1995). Evaluación sensorial de la textura y búsqueda de correlaciones con medidas instrumentales. *En: SEMINARIO TEXTURA Y REOLOGÍA DE ALIMENTOS Memorias del Seminario Textura y Reología de Alimentos*. Cali: s.n., 8-20.

Delgado, F. González- Crespo R. Ramírez, R. (2012). Changes in microbiology, proteolysis, texture and sensory characteristics of raw goat milk cheeses treated by high-pressure at different stages of maturation. *food science and Technology*. (48), 268-275.

De Souza, G. Renaldi, J. Gomes de faria, C. Castro, I. (2009). Composição e qualidade higienico-sanitária do leite de rebanhos caprinos. *Produção de Caprinos na Região da Mata Atlântica*. Juiz de Fora. Fonseca, j. f. da; Bruschi, j. h. produção de caprinos na região da Mata Atlântica. juizde fora: embrapa gado de leite. sobral: embrapa caprinos e Ovinos. *Veterinarias de Andalucía Oriental*, (10), 109-139.

De la Fuente, M. Juárez, M. (2001). Los quesos: una fuente de nutrientes. *Alimentación Nutrición y Salud*, (8):75-83b

Desjeux, J. (1993). Valeur nutritionnelle du lait de chevre. *Lait*. (73), 73-580.

Draksler, D. Núñez, M. González, S. Oliver, G. (2002). Leches de pequeños rumiantes: características generales y su microbiología. *Barberis, s. Bromatología de la leche*, 121-148.

Durán, L. Sánchez, C. Palmero, J. Chaparro, I. García, T. Sánchez, E. (2010). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de quesos de cabra en Carora, estado Lara, Venezuela.. *Zootecnia Tropical*, 28(4), 467-475.

Duran, L y Costell, E. (1999). Percepción del gusto, aspectos fisicoquímicos y psicofísicos. *Food science and technology international*. Vol 5. (4) 2009-309

EFSA. Panel on dietetic products, Nutrition and Allergies (NDA) (2014). Scientific opinion on health benefits Of seafood (fish and shellfish) consumption in relation to health risks associated with exposure to methylmercury. *EFSA Journal* 12 (7): 38-40

Frau, S. Togo, J. Pece, N. Paz, R. Font, G. (2010). Estudio comparativo de la producción y composición de leche de cabra de dos razas diferentes en la provincia de Santiago del Estero. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 109(1), 9-15.

Frau, F. Font, G. Paz, R. Pece, N. (2012). Composición físico-química y calidad microbiológica de leche de cabra en rebaño bajo sistema extensivo en Santiago del Estero (Argentina) *Revista de la Facultad de Agronomía*, 111(1), 1-71

Fox, P., Guinee, T, Cogan, T. (2000). Fundamentals of cheese science aspen publishers, inc. *gaithersburg, maryland, U.S.A.*, 1-657

FAO (2005). Estado mundial de la agricultura y la alimentación. Colección FAO: Agricultura N° 36 ISSN 02511.

FAO/WHO (2010) Fats and fatty acids in human nutrition, repor of an expert consultation. *Food and nutrition paper*. FAO ISSN 0254-4725.

García, M. Salas, L. Esparza, J. Ramón; P. Romero, J. (2013). Yielding and physicochemical quality of milk of goat supplemented with hydroponic green corn fodder. *Agronomía Mesoamericana*, (24)1, 169-176.

Gilbere, G (2002). *The magic of goat milk.*; hom, consultado 16 sep 2015. Recuperado de: http://freedompressonline/fpo_featuredarticles_carp blínea).

Goetsch, A. Zeng, S. Gipson, T. (2011). Factors affecting goat milk production and quality *small ruminant research*. (101), 55-63. Technological, physicochemical and sensory characteristics of a Brazilian semi-hard goat cheese (coalho) with added probiotic lactic acid bacteria

Gomes, M. Fernandez, E. Ramos, R. (2012) Technological, physicochemical and sensory characteristics of a Brazilian semi-hard goat cheese (coalho) with added

probiotic lactic acid bacteria. *Depto. de Nutrição – Lab. de Microbiologia de Alimentos, Campus I, Cidade Universitária – 58051-900 – João Pessoa, PB – Brasil.*

González, J. Tabla, R. Moriche, J. R, I. Rebollo, J. Cáceres, P. (2003). Autochthonous starter effect on the microbiological, physicochemical and sensorial characteristics of ibores goat's milk cheeses. *lait*. 83(3), 193-202.

González, C. (2006). Caracterización físico-química y microbiológica de la leche de cabra y su conservación por el sistema lactoperoxidasa. *Mosaico científico*, 3(1), 17-27.

González del Llano, D. (1991). Bioquímica de la maduración del queso (II) proteólisis. *Industrias lácteas españolas*, 147 (5), 47-51.

González, S. López, P. Margolles, A. Suárez, A. Patterson, A. Cuervo, A & Gueimonde, M. (2013). Ingesta de ácidos grasos y parámetros inmunes en ancianos. *Nutrición hospitalaria*, 28 (2), 474-478.

González, S. (2013). Evaluación de la calidad higiénico sanitaria y de composición de leche de cabra en un rebaño dela raza Saanen. Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 1-27

Goncalvez De Oliveira, E. Paz, N. Mendez, V. Cravero, A. De La Vega, S. Vargas, R. Salinas, M. Millán, M. Collado, Julio. Ocaña, G. Quipildor, Silvia; Ramón, A.

(2011). Proceso de elaboración y composición química de quesos artesanales de leche de cabra. XIII Congreso de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

Grass J. Sánchez, J. Altamirano J. (2015) Network analysis in the production of three genuine Mexican cheeses *Estudios Sociales: Revista de Investigación Científica*, (23) 45, 185-212.

Grille, I. Carro, S. Escobar, D. Bentancor, L. Borges, A. Cruz, D. (2013). Evaluación de la calidad higiénico sanitaria y de composición de leche de cabra en un rebaño de la raza Saanen. *Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay*. .

Griguol, V; León; M; Vicario, I. (2007) Revisión de los niveles de ácidos grasos trans encontrados en diversos tipos de alimentos. *Grasas y aceites*, 58(1)87-98.

Guo, M. Dixon, P. Park, Y. Gilmore, J. Kindstedt, P. (2001). Seasonal changes in the chemical composition on comminged goat milk. *dairy sci.* 84, 79-83.

Guzman, I. (2012). *Caprinos* Recuperado de: <http://todoencabras.blogspot.com/p/clases-de-caprinos-en-colombia.html>).

Guzmán C. Tejada T. De la Ossa C Rivera, C. (2015). Comparative analysis of texture profile fresh cheese goat and cow. 2015. *biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, (13), 139-147.

Haenlein. G y Caccese, R. (1984). Goat milk versus cow milk. *Extensión goat handbook faet sheet* e-l extensiónservice,usda Washington.

Haenlein, G. Past, (2001). Present, and Future Perspectives of Small Ruminant. Dairy Research. *Journal of Dairy Science*, (84), 2097-2115.

Haenlein, G. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51, 155-163.

Ham, S. Lee, G. Kim, H. Jeon, D. Park, Y. (2010). Characteristics of Korean – Saanen goat milk caseins and somatic cell counts in comparison with Holstein cow milk counter parts. *Small Ruminant research*. (93), 202-205.

Hayam, M. Fatma, A. Hassan, M. (2014). Physicochemical characteristics of goat's milk.). *Dairy department – national research center. Life science journal*, 11, 23-56.

Heilig, A. Atilgan, C. Elik, H. (2008). Suitability of Dahlem Cashmere goat milk toward pasteurization and UHT-heating with regard to sensory properties and storage stability. *Small ruminant research*. (78), 152-161.

Hekken, D. Drake, M. Molina, V. Guerrero, A. Perfiles sensoriales de los quesos chihuahua. Centro de investigación y desarrollo ciad, Cuauhtémoc, chihuahua, México, (06), 414-6.

ISO 3432:1975. Revised by 3433:2008. Cheese:Determination of fat content.

Jensen, C. Voigt, T. Prager, Y. Zou, J. Fraley, J. Rozelle, .Turcich, A. Llorente, R Anderson & Heird,W. (2005). Effects of maternal docosahexaenoic acid intake on visual function and neurodevelopment in breastfed term infants. *Am. J. Clin. Nutr.*, 82(1), 125-132.

Jiménez, (2011) *Ácido graso anticancerígeno*. Recuperado de <http://www.laprovincia.es/gran-canaria/2011/10/19/leche-cabra-produce-acido-graso-anticancerigeno-potente/409054.html>.

Kucukcetin, A. Demir, M. Asci ,A. Comak, E. (2011). Graininess and Roughness of Stirred yogurt made with goat's, cow's or a mixture of goat's and cow's milk. *Small Ruminant Research*, (96), 173–177.

Landau, B. Molle, G. (2004): Improving milk yield and quality through feeding. The future of the sheep and goat dairy sectors. *International dairy federation*, 28-30.

Lauritzen L. (2014). Dietary arachidonic acid in perinatal nutrition: un commetary. *Pedriatic Research*.(10) 166.

Lebecque, A. Laguet, M. Devaux and Dufour. (2001). Delineation of the texture of salers cheese by sensory analisys and physical methods. (81), 609-623.

López, A. Alférez. M. Barrionuevo, M. Lisbona, F. Campos, M. (2000). Influencia de la leche de cabra y vaca sobre la utilización digestiva y metabólica de calcio y hierro. *Journal of physiology & biochemistry*, (56) 3, 201-208.

Lu, R. And Chen, Y. (1998). Characterization of nonlinear elastic properties of beef products under large deformation. *Transactions of the asae*. 41(1), 163-168.

Lucas, E. Gabriel, A. Chilliard C. Coulon, Y. (2008). Relationships between animal species (cow versus goat) and some nutritional constituents in raw milk farmhouse cheeses. *Small Ruminant Research*, (74), 243–248.

Luquet, M. (1998). Leche y productos lácteos. Vaca-Cabra-Oveja. Zaragoza: Acribia. 1991.

Lu, Renfe and Chen, Yud Ren. (2010). Characterization of nonlinear elastic properties of beef products under large deformation. *Transactions of The Asae*, (41) 1, 163-168

Mareco, G. (2000). Los caprinos en el mundo. *Universidad Católica de Cuyo. Ministerio de ciencia, tecnología e innovación*.

Martin, V. (2012). Crece el consumo de queso en los hogares Españoles. *Distribución y consumo*.128:15-26

McCarthy, O. Singh, H. (2009). Physico-chemical properties of milk. *mcsweeney p.l.h. & fox p.f. (eds.). Advanceddairyc hemistry*, 3, 78-85.

Marinho, R. Costa, R. Bomfim, M. Beltrão, S. eltrão, E..Formiga, Y. Pereira, A.

Magnani, M. Ramos, R. (2014). *Diet with detoxified castor meal increase unsaturated . fatty acids in goat milk and cheese. world journal of agricultural sciences*, 2(5), 091-097.

Medina, Z. Contreras, M. Camacho M. Caracterización de quesos fresco y curado fabricados a partir de leche de cabras alimentadas con diferentes dietas. (2012). *Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n 46022. Valencia. España. s/n 46022. Valencia. España.*

Mestawet, T. Girma, A. Delvold, T. Narvhus, J. Vegaruda, G. (2012). Milk production, composition and variation at different lactation stages of four goat reeds in Ethiopia. *Small Ruminant Research*, (105), 176-181.

Milani, F. Wendorff, W. (2011). Goat and sheep milk products in the United States (USA). *Small Ruminant Research*, (101), 134-139.

Minirviaba, F. Bilancia, M. Siragusa, S. (2009). Fermented goats' milk produced with selected multiple starters as a potentially functional food. *food Microbiology*, (26), 559-

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL OBSERVATORIO AGROCADENAS COLOMBIA. (2006). Caracterización de ovinos y caprinos.. Disponible en: <http://www.agronet.gov.co>.

Morand, F. Fedele, V. Decandia, M. Le frileux, Y. (2007). Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. En: *Small Ruminant Reserch.*, (68), 20–34.

Morgan, F. Massouras, T. Barbosa, M. Roseiro, L. Ravasco, F. Kandarakis, I. Bonnin, V. Fistakoris, M. Anifantakis, E. Jaubert, G. Raynal, K. (2003). Characteristics of goat milk collected from small and médium enterprises in Greece, Portugal and France. *Small Ruminant Research*, 47, 39-49.

Novoa, C. (2009). Memorias de “curso de elaboración de quesos frescos y madurados” FEPAL, Red leche, *Universidad Nacional de Colombia. Profesor asociado.*

Nuñez, N. Martínez, L. Polvillo, O. Fernández, VM. Carrizosa, J. Urrutia, B. Serradillo, JM. (2016). Near infrared spectroscopy (NIRS) for determination of the milk fat fatty acid profile of goats. *Food chemistry*, (190), 244-252.

Norma Técnica Colombiana. NTC 5025. (2001) Leche y productos lácteos. Determinación del contenido de nitrógeno. Método Kjeldahl.

Norma Técnica Colombiana. NTC 4722 (1999). Análisis fisicoquímicos de leches.

Oliszewski, R. Rabasa, A. Fernández, J. Poli, M. Núñez, M. (2002). Composición química y rendimiento quesero de leche de cabra criolla serrana del noroeste argentino. *Zootechnia trop*, 20(2), 179-189.

Park, Y. (1994). Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. *Small Ruminant Reserch*, 14, 151–159.

Park, Y. Haenlein, G. (2006). Therapeutic and hypoallergenic values of goat milk and implication of food allergy. *En handbook of milk of non-bovine mammals*, 121-135.

Park, Y. Juárez, M. Ramos, M. Haenlein, G. (2006). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Reserch*, (68),88–113.

.Park, Y. Haenlein, G. (2008) Utilización de altas presiones para la homogenización como alternativa de pasteurización para la obtención de leche de consumo humano. *oxford:blackwell publishing*. Universidad autónoma de Barcelona. 13-56.

_____. (2010). Proteolysis and lipolysis of goat milk cheese. *Journal of dairy science*, (84), 34-45.

_____ (2010). Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, (89), 225-233..

_____. Juarez, M. Ramos, M. Haenlein, G. (2013). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant research*, (68), 88-11

Paz, N. Goncalvez de Oliveira, E. Armada, M. Ramón, A. (2014). Efecto de la adición de fitoesteroides en los parámetros de color durante el almacenamiento de

la mozzarella de cabra: IV congreso de alimentos siglo XXI y XXII Reunión del capítulo Argentino de la sociedad Latinoamericana de nutrición.

Pece, N. Frau, F. Paz, R. Álvarez, A. (2005). Composición de la leche de cabra de diferentes biotipos en Santiago del Estero. Primer simposio “*Evaluación higiénica y de la calidad en la industria agroalimentaria y hotelera*. Cuba

Peláez, P. Puerto. (2003). Caracterización de los quesos elaborados con leche de cabra en la isla de Tenerife: influencia de factores ambientales en el desarrollo de sus características organolépticas y fisicoquímicas. (Ph.D. Tesis), Universidad de la Laguna, Tenerife, España.

Penna, E. (2001) *Evaluación sensorial, una metodología actual para Tecnología de Alimentos* (Digital, 20 ed). Chile.

Pérez, L. Anrique, R. González, H. (2007). Non genetic factors affecting milk production and composition in a dairy herd with two calving seasons in Los Lagos Region, Chile. *Agricultura Técnica*, (67), 39

Pesántez, M. Hernández, A. (2014). Producción lechera de cabras Criollas y Anglo-Nubian en Loja, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, (48) 2, 105-108.

Pirisi, A. Lauret, J. Dubeuf, P. (2007). Basic and incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality. *Small Rumi. Res*, (68), 167-178.

Piñeiro, G. Rivero, N. Culebras, J. (2013). Papel de los ácidos grasos omega-3 en la prevención de enfermedades cardiovasculares. *Nutricion Hospitalaria*, 28(1), 1-5. doi:10.3305/nh.2013.28.1.6312.

Prentice, J. Dairy rheology aconcise guide. United States of America. VCH. Publisher, 1992. 165p.

Queiroga, R. Costa, R. Biscontini, T. Medeiros, A. Madruga, M. Schuler, A. (2007). Influência do manejo do rebanho, das condições higiênicas da ordenha e da fase de lactação na composição química do leite de cabras Saanen. *Revista Brasileira Zootecnia*, 36(2), 430-437.

Ramón, A. Cravero, A. De la Vega, S. Ferrer, E. Paz, N. Goncalvez de Oliveira, E. Millán, M. (2013). Optimización de la elaboración de quesos artesanales de leche de cabra por productores de pueblos originarios XII jornadas académicas de investigación y extensión de la facultad de ciencias de la salud.

Rawya, A. Ahmed, K. (2014). Physicochemical characteristics of Damascus (shami) cyprus goats milk indifferent lactation periods. *International journal of liberal arts and social science*, (2) 6, 67-72.

Raynal, K. Le Papeb, M. Gaborit, P. Barrucand, P. (2011). French goat milk cheeses: An overview on their nutritional and sensorial characteristics and their impacts on consumers' acceptance. *Small Ruminant Research*, (101), 64-72.

Raynal-Ljutovaca, K. Lagriffoul, G. Paccard, P. Guillea, I. Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: Update. *Small Ruminant research*, (79), 57-72.

Rodríguez C. (2006). La leche de caprina, otras propiedades y atributos. Departamento de Agricultura. (2) 1 - 4

Rodríguez, V. Ruiz, M. Fresno, M. (2007). Correlaciones de textura y color instrumental con la composición química de quesos de cabra canarios. *Archivos de Zootecnia*, 5(1), 663-666.

Revilla, A. (1985). Tecnología de la leche. Procesamiento, manufactura y análisis. *Editorial Acribia*, 7-9.

Ribeiro, A. Ribeiro, S. (2010). Speciality products made from goat milk. *Small Ruminant Reserch*. (89), 225-233.

Sanhueza, J. Agüero, S, García, J. (2015). The fatty acids and relationship with health. (32), 1362-1375.

Sanz, C. Ramos, E. De La Torre, G. Diaz, J. Perez, L. (2009). Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *Journal of food composition and Analysis*, (22), 322-329.

Sanz, M. Chilliard, Y. Schmidel, J. (2007). Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, (68), 42-63.

Sanz, C. Ramos, E. De La Torre, G. Diaz, J. Perez, L. (2009). Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *Journal of food composition and Analysis*, (22), 322-329.

Sanz, C. Sampelayo, M. Alonso, J. Morón, D. Pérez, L. (2000). Producción de leche de cabra más saludable. Empleo de un concentrado suplementado con una grasa “protegida” rica en PUFA. *Journal of Physiology & Biochemistry*, Base de datos: *Food Science Source*, 56 (3), 231-235. DOI: 10.1007/BF03179791.

Sharma, S. Mulvaney, S. Rizvi, S. (2000). Ingeniería de Alimentos. Operaciones unitarias y prácticas de laboratorio. México: *Limusa*. 20-41.

Situación de las actividades de crianza y producción. (2009) Recuperado de: <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/pecuaria/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/caprinos>).

Schettino, B. Perez, J. Gutierrez, R. Vega, S. Leon, R. (2011). Analysis of robustness in the determination of fatty acids by gas Chromatography of goat milk. *Revista de la salud animal*, (33).

Silanikove, N. Leitner, G. Merin, U. Prose, C. (2010). Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, Safety and production aspects. *Small Ruminant research*, (89). 110-124.

SENA, (2011). *Razas de cabras*. Recuperado de: <http://manualcabras.blogspot.com/2011/02/razas-caprinas.html>

Serhana, M. Linder, M. Hosrib, CH. Fannia, J. (2010). cambios en la hidrólisis proteica y la fracción volátil durante la maduración del queso Darfiyet, un queso artesanal Libanes de leche de cabra cruda. *Small Ruminant research*, (89), 110-124.

SECRETARIA DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2009). Caracterización Norte de Santander. Publicación N°1.

Spreer, Edgar. (1991). *Lactología Industrial*. Editorial Acribia. Segunda edición.

Thomann, S. Brechenmacher, A. Hinrichs, J. (2008). Strategy to evaluate cheese making properties of milk from different goat breed. *Small Ruminant Research*, (74), 172–178.

Torres, J. Valencia, M. Castillo, H. Montal, H. (2007). Genetic and phenotypic parameters of milk yield, milk composition and age at first kidding in Saanen goats from Mexico. *Livestock science*, (126), 147-153.

Toyes, E. Cordoba, M. Espinoza, J. Palacio, A. Murillo, B. (2013). Composición de la grasa láctea de cabras en la Península de Baja California, México. *Revista MVZ Córdoba*, 18 (3), 3843-3850.

Tunick, M. (2000). Rheology of dairy foods that gel, stretch and fracture. *Journal of dairy Science*. (83) 1982-1898.

Travieso, J. (2010). Ácidos grasos omega-3 y prevención cardiovascular. *Revista CENIC Ciencias Biologicas*, 41(1), 3-15.

Vega, S. Gutiérrez, R. Ramírez, A. González, M. Díaz, G. Salas, J. González, C. Coronado, M. Schettino, B. (2007). Alberti, physico-chemical characteristics and composition of goat milk from alpine french and saanen in rainy and dry season A. *Revista de Salud Animal. Graphs. Language: Spanish., Base de datos: Food Science Source*, 29 (3), 160-166.

Waitzberg, D. Garla, P. (2014). Contribución de los Ácidos Grasos Omega-3 para la Memoria y la Función Cognitiva. *Nutricion Hospitalaria*, 30(3), 467-477. doi:10.3305/nh.2014.30.3.7632

Webb, G. (2007). Complementos nutricionales y alimentos funcionales. *Editorial Acribia*.

Yu L, Free. (2001). Radical scavenging properties of CLA. *J agric food chem.*(49) 3452-6

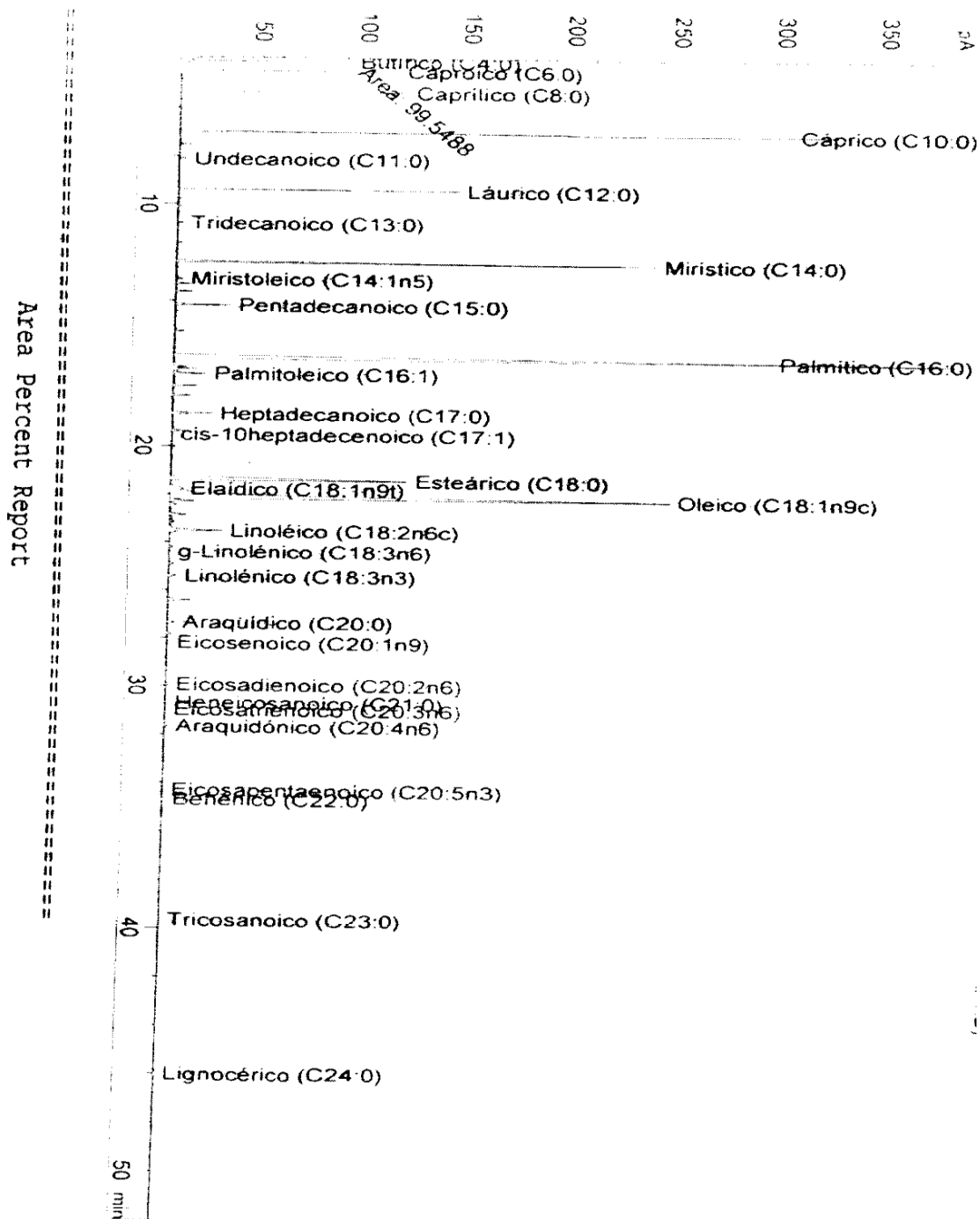
Zancada, L. Pérez, F. Sánchez, F. Alonso, J. M. García, L. Hueso, P. (2013). Contenido de ácidos grasos de las diferentes clases de fosfolípidos de la leche de oveja y de cabra. *Phospholipid classes and fatty acid composition of ewe's and goat's milk Grasas y Aceites*. 64 (3), 304-310.

Zeng, S. Soryal, K. Fekadu. B. Bah, B. Popham.. (2007). T. Predictive formulae for goat cheese yield based on milk composition. *Small Ruminant Research*, (69), 180–186.

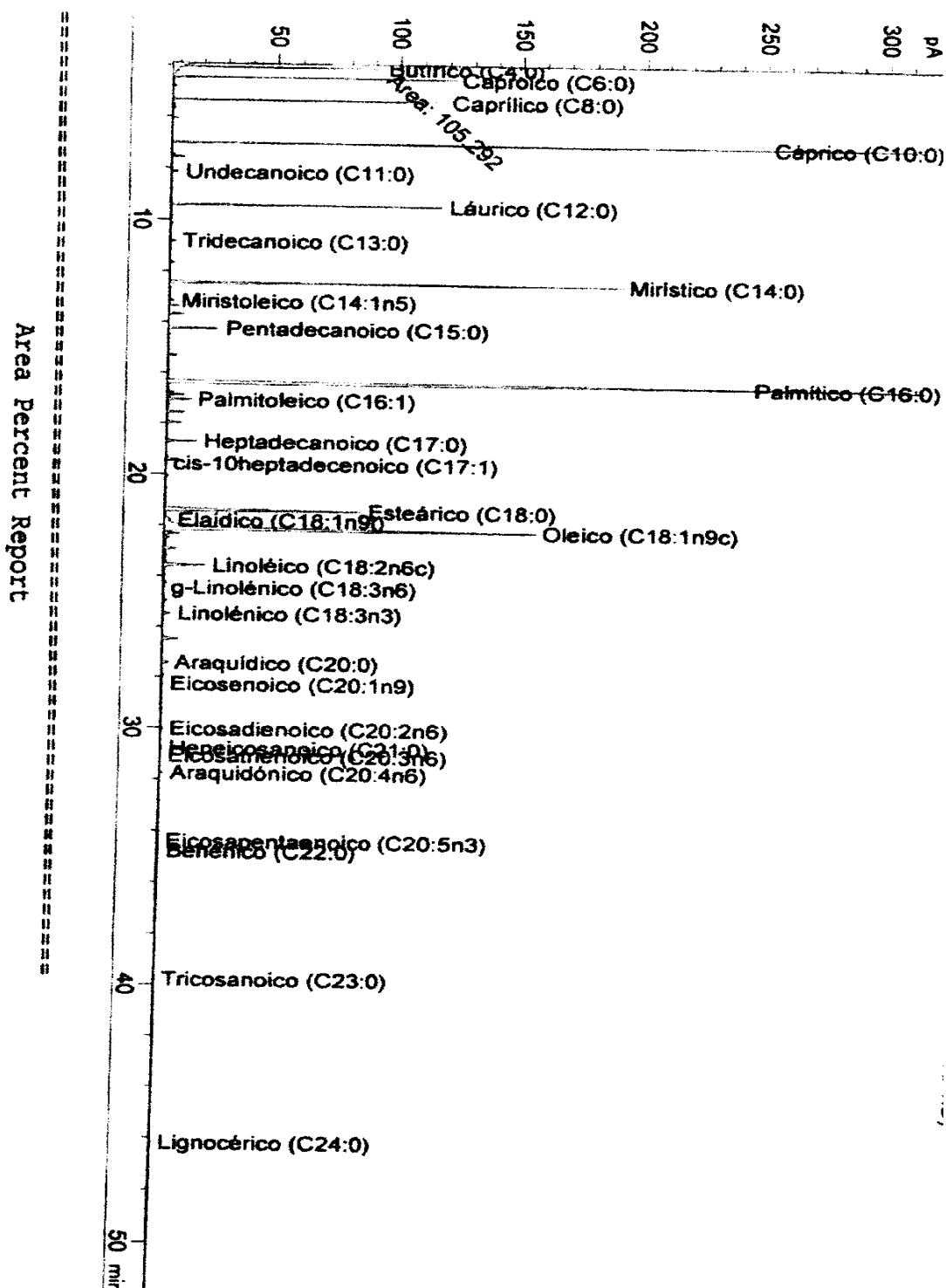
Zhang, R. Mustafa, A. Zhao, X. (2006). Effects of feeding oil-seeds rich in linoleic and linolenic fatty acids to lactatingewes on cheese yield and on fatty acid composition of milkand cheese. *Anim. Feed Sci*, (127), 220–233.

ANEXOS

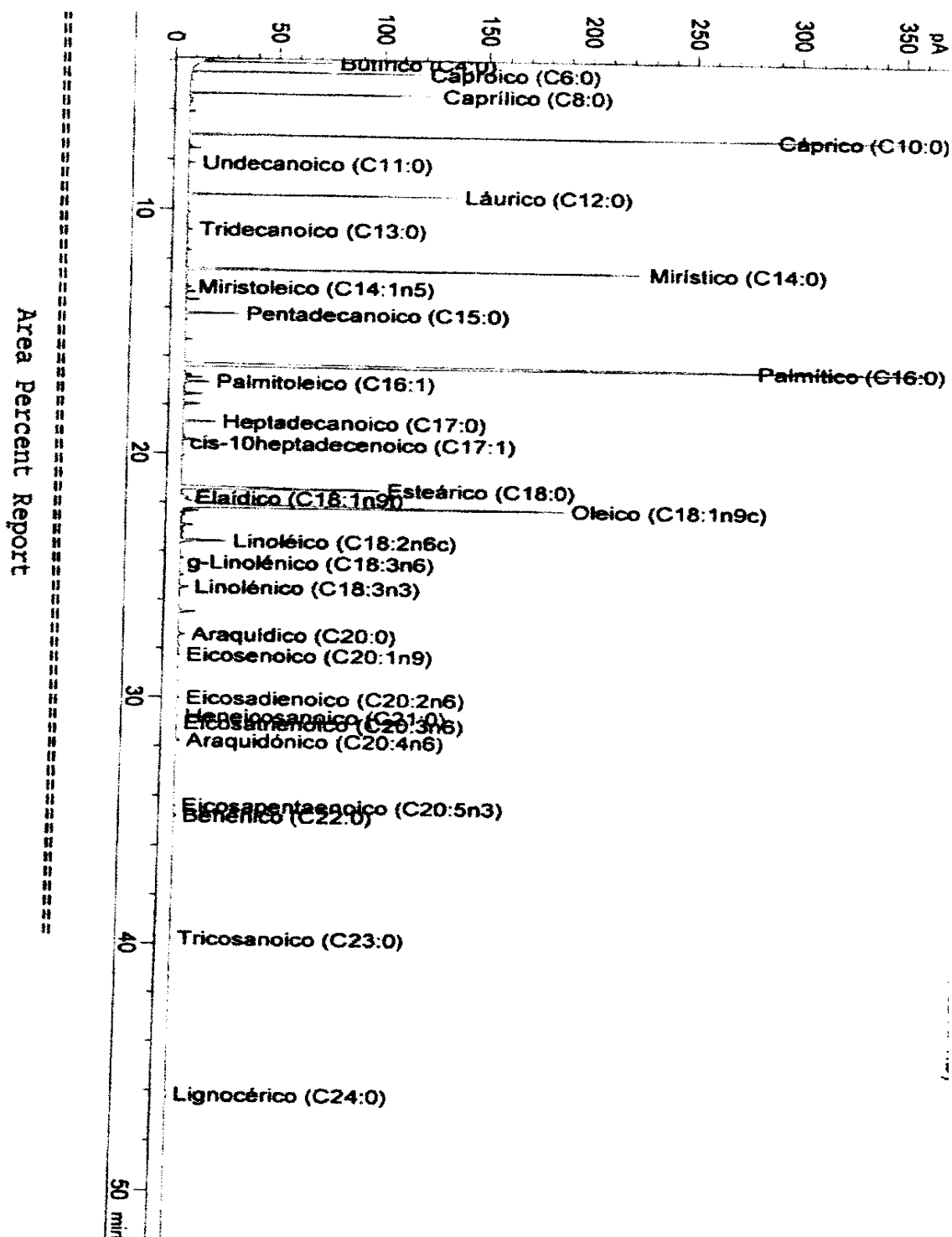
Anexo A. Cronograma de perfil de ácidos grasos en leche



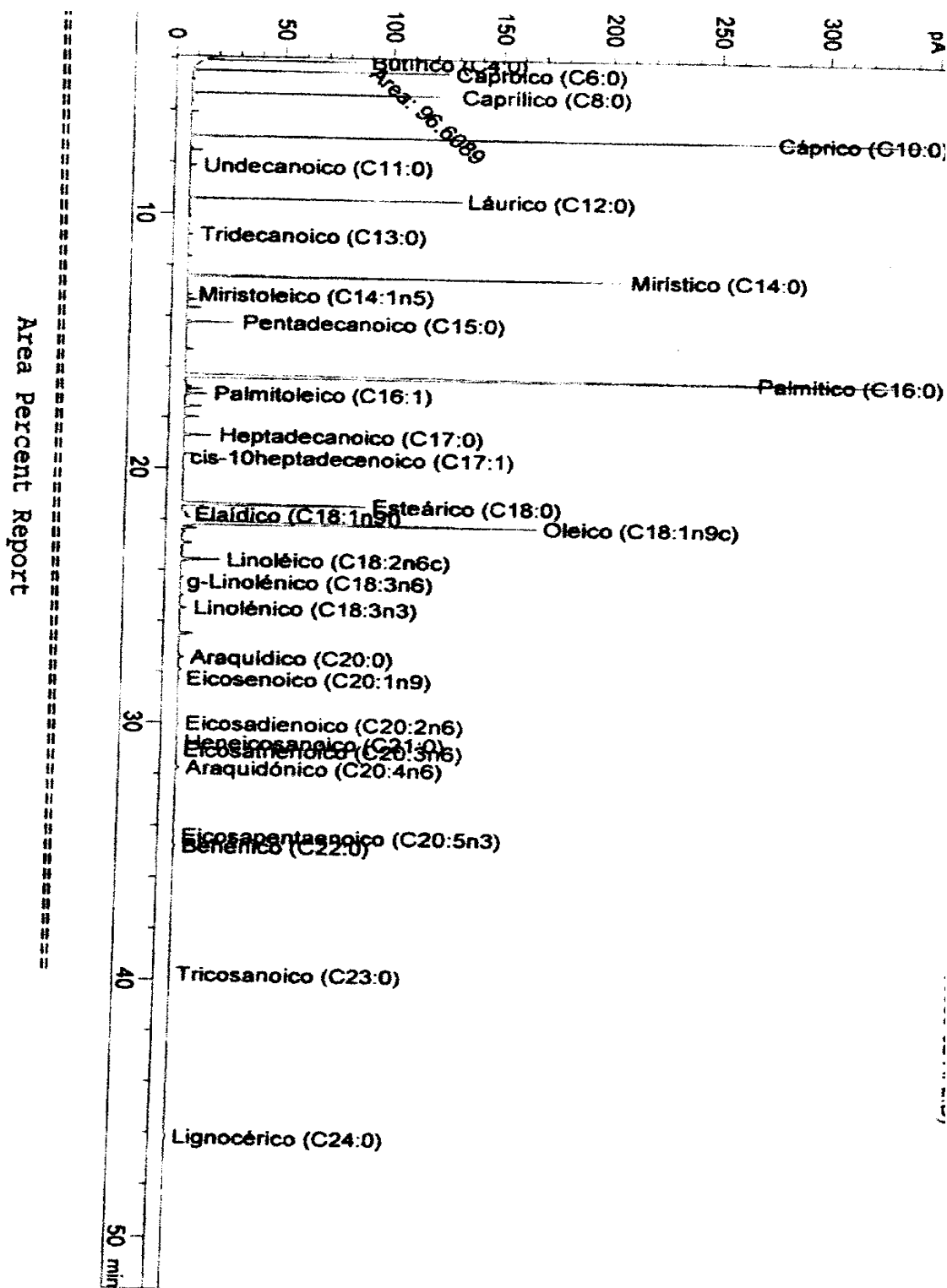
Anexo B. Cronograma de perfil de ácidos grasos en Queso (día 4)



Anexo C. Cromatograma de perfil de ácidos grasos en queso (día 16)



Anexo D. Cromatograma de perfil de ácidos grasos en queso (día 28).



Anexo E. Resultados de análisis de muestra de leche de cabra

Muestra	Grasa	SNG	Solidos totales	Proteína	crioscopia
Leche 1	4.6718	9.4409	14.1127	3.7201	0.520
	4.7253	9.4729	14.1982	3.7441	0.522
	4.7354	9.4645	14.1999	3.7391	0.522
	4.7555	9.4696	14.2251	3.7364	0.523
	4.7869	9.4765	14.2634	3.7417	0.524
Leche 2	3.7448	9.4307	13.1755	3.2725	0.569
	3.7507	9.4381	13.1888	3.2744	0.569
	3.7588	9.4346	13.1934	3.2713	0.569
	3.7687	9.4426	13.2113	3.2807	0.570
	3.779	9.4511	13.2301	3.2834	0.571
Leche 3	5.6863	9.6805	15.3668	4.1406	0.512
	5.7383	9.6832	15.4215	4.1495	0.512
	5.7373	9.6994	15.4367	4.157	0.513
	5.768	9.6877	15.4557	4.1523	0.512
	5.7677	9.6869	15.4546	4.1498	0.512
Leche 4	3.5616	8.616	12.1776	2.8701	0.485
	3.5696	8.6176	12.1872	2.8737	0.485
	3.5782	8.6172	12.1954	2.8673	0.485
	3.5735	8.6185	12.192	2.8671	0.486
	3.5854	8.6207	12.2061	2.8682	0.486
Leche 5	3.5113	8.4253	11.9366	2.7698	0.466
	3.5464	8.4282	11.9746	2.7689	0.467
	3.5361	8.3988	11.9349	2.7525	0.464
	3.5423	8.3977	11.94	2.7547	0.463
	3.543	8.3983	11.9413	2.7493	0.464

Anexo F. Concentración (mg/100g de muestra) de ácidos grasos en forma de metilésteres, presentes en una muestra de queso de cabra

Ácido graso	Concentración del ácido graso (mg/100 g de muestra)		
	985585-03-AF		
	1ª medición	2ª medición	Promedio
Butírico (C4:0)	234	246	240
Caproico (C6:0)	403	400	402
Caprílico (C8:0)	475	439	457
Cáprico (C10:0)	1593	1415	1504
Undecanoico (C11:0)	16	14	15
Láurico (C12:0)	649	563	606
Tridecanoico (C13:0)	14	15	15
Mirístico (C14:0)	1536	1312	1424
Miristoleico (C14:1n5)	15	13	14
Pentadecanoico (C15:0)	173	146	160
Palmitico (C16:0)	5062	4294	4678
Palmitoleico (C16:1)	127	109	118
Heptadecanoico (C17:0)	138	116	127
cis-10heptadecenoico (C17:1)	2	2	2
Esteárico (C18:0)	1376	1170	1273
Elaídico (C18:1n9t)	70	61	66
Oleico (C18:1n9c)	3133	2664	2899
Linoléico (C18:2n6c)	449	394	422
g-Linolénico (C18:3n6)	3	3	3
Linolénico (C18:3n3)	46	42	44
Araquídico (C20:0)	35	32	34
Eicosenoico (C20:1n9)	18	16	17
Eicosadienoico (C20:2n6)	16	14	15
Heneicosanoico (C21:0)	8	7	8
Eicosatrienoico (C20:3n6)	3	3	3
Araquidónico (C20:4n6)	27	24	26
Eicosapentaenoico (C20:5n3)	7	6	7
Behénico (C22:0)	17	15	16
Tricosanoico (C23:0)	5	5	5
Lignocérico (C24:0)	20	19	20

ANEXO G. Selección del ambiente de producción para la maduración:
llevados a almacenamiento en tres diferentes empaques (bolsa de polietileno, caja plástica y quesera casera, las figuras 8.9, 10 muestran los diferentes tipos de empaques en ese orden).



Bolsa de polietileno



Empaque plástico



Quesera casera.