

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS



**“PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS TOTALES DE LECHE DE
CABRA: EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SUBPRODUCTOS
DE ALCACHOFA (*CYNARA SCOLYMUS*) EN LA DIETA DE
CAPRINO LECHERO”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre 2017

Autor: Antonio García Lorente

Tutor: Esther Sendra Nadal

PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS TOTALES DE LECHE DE CABRA: EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE SUBPRODUCTOS DE ALCACHOFA (*Cynara scolymus*) EN LA DIETA DE CAPRINO LECHERO

La inclusión de diversos suplementos en la alimentación planificada de cabras es capaz de modificar el perfil lipídico de la leche hacia una composición más saludable. En este estudio se ha evaluado la incorporación de planta y brácteas de alcachofa (*Cynara scolymus*) en 2 concentraciones distintas (12,5% y 25%) en dietas iso-proteínas e iso-energéticas suministradas a cabras murciano-granadinas en el 4º mes de lactación. La composición de la leche no se vio modificada de forma significativa por la dieta, tan solo la inclusión de planta al 25% redujo ligeramente el contenido de grasa de la leche. El perfil de ácidos grasos no presentó modificaciones significativas en las concentraciones estudiadas en la mayoría de ácidos grasos, con excepción de C16:1, C18:1cis, C18:2n6c y CLA 10c12t en que se observaron mínimas modificaciones.

PALABRAS CLAVE: Ácidos grasos, Leche, Alimentación, Subproductos, Salud

TOTAL FATTY ACIDS PROFILE OF GOAT'S MILK: EFFECT OF THE INCLUSION OF ARTICHOKE (*Cynara scolymus*) BY-PRODUCTS IN DAIRY GOAT'S DIET.

The inclusion of various supplements in the planned feeding of goats is able to modify the lipid profile of the milk towards a healthier composition. In this study we evaluated the incorporation of artichoke plant and bracts (*Cynara scolymus*) in 2 different concentrations (12.5% and 25%) in iso-protein and iso-energetic diets supplied to Murciano-Granadinas goats in the 4th month of lactation. The composition of the milk was not significantly modified by the diet, only the inclusion of plant at 25% slightly reduced the fat content of the milk. The fatty acid profile did not present significant modifications in the concentrations studied in the majority of fatty acids, except for C16:1, C18:1cis, C18:2n6c and CLA 10c12t in which minimal modifications were observed.

KEYWORDS: Fatty acids, Milk, Food, By-products, Health

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 EL SECTOR LACTEO ESPAÑOL	10
1.1.1 EL SECTOR LÁCTEO CAPRINO.....	13
1.2 COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE CABRA.....	17
1.2.1 LÍPIDOS.....	18
1.2.2 PROTEÍNAS	20
1.2.3 CARBOHIDRATOS.....	22
1.2.4 MINERALES Y VITAMINAS	23
1.3 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS Y SU RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA	25
2. OBJETIVOS	27
3. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	28
3.1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	28
3.1.2 ANIMALES.....	28
3.1.3 ALIMENTACIÓN	29
3.1.4 MUESTREOS	32
3.2 MATERIALES.....	32
3.2.1 EQUIPOS.....	32
3.2.2 MATERIAL DE LABORATORIO.....	34
3.2.3 REACTIVOS	35
3.3 DETERMINACIÓN DEL PERFIL LIPÍDICO.....	36
3.3.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	36
3.3.2 DETERMINACIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA LECHE.....	36
3.3.3 PREPARACIÓN DE LOS ÉSTERES METÁLICOS DE LOS ÁCIDOS GRASOS	37
3.3.4. ANÁLISIS POR CROMATOGRAFÍA DE GASES.....	40
3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1 DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES MAYORITARIOS DE LA LECHE	42

4.2 DETERMINACIÓN DEL PERFIL LIPÍDICO DE LA LECHE DE CABRA	44
4.2.1 ÁCIDOS GRASOS DE CADENA CORTA Y MEDIA.....	45
4.2.2 ÁCIDOS GRASOS DE CADENA LARGA	46
4.3.2 ESTUDIO DEL PERFIL DE ACIDOS GRASOS TOTALES AGRUPADO POR GRADO DE INSATURACIÓN.....	54
5. CONCLUSIONES	57
6. BIBLIOGRAFÍA	58



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Granja Docente y Experimental de Pequeños Rumiantes de la UMH	28
Figura 2. Subproducto ensilado de brácteas de alcachofa	30
Figura 3. Subproducto ensilado de planta de alcachofa.....	33
Figura 4. Baño termostático Reype	33
Figura 5. Baño termostático P- Selecta	33
Figura 6. Centrifuga Centurion Scientific LTD, modelo K40R series	33
Figura 7. Peso Gram, modelo FH-2000	33
Figura 8. Vitrina de gases Flores Valles	33
Figura 9. Vortex IKA®, modelo MS1 Minishaker	33
Figura 10. Material de laboratorio utilizado para la determinación de los ácidos grasos	34
Figura 11. Reactivos utilizados para la determinación de los ácidos grasos	35
Figura 12. MilkoScan™ FT 120 (FOSS A/S).....	36
Figura 13. Mezcla de leche y reactivos homogeneizada para su centrifugación	37
Figura 14. Formación de un precipitado y una fase orgánica inferior	38
Figura 15. Muestras preparadas para el inicio del tratamiento térmico	38
Figura 16. Muestras a 90 °C durante 10 minutos	38
Figura 17. Muestras tras el tiempo de reacción del trifloruro de boro al 14% en metanol	39
Figura 18. Separación en 2 fases tras el proceso de centrifugación	39
Figura 19. Cromatógrafo de gases Shimadzu GC-17A (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón) ...	40

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Consumo de leche de vaca en España por tipos (2009-2015).....	12
Gráfica 2. Consumo de derivados lácteos en España por tipos (2009-2015).....	13
Gráfica 3. Evolución de los ácidos grasos de cadena corta y media de los lotes en los diversos controles realizados.....	46
Gráfica 4. Evolución de los ácidos grasos de cadena larga (C13:0, C14:0; C14:1; C15:0, C15:1; C16:0, C16:1; C16:2, C17:1) de los lotes en los diversos controles realizados.....	49
Gráfica 5. Evolución de los ácidos grasos de cadena larga (C18:0, C18:1 Trans; C18:1 Cis; C18:2n6t, C18:2n6c, GLA, C19:0, ALA; CLA 9n11t, CLA 10n12t, C20:0, C20:1, C21:0, C20:4, C20:5, C22:1, C22:6) de los lotes en los diversos controles realizados	53



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción industrial de productos lácteos en España (2010-2015).....	11
Tabla 2. Evolución de las explotaciones de caprino de producción de leche y mixta (2014-2016)	14
Tabla 3. Hembras de caprino de ordeño por CCAA (2015).....	15
Tabla 4. Evolución de la producción de leche de cabra por CCAA (2013-2015).....	16
Tabla 5. Composición básica de la leche de distintas especies	18
Tabla 6. Composición de ácidos grasos en la leche de cabra	20
Tabla 7. Contenido en minerales y vitaminas en 100 g de leche de cabra, oveja y vaca y su comparación con la leche humana	24
Tabla 8. Composición de las distintas raciones durante el tratamiento 1.....	31
Tabla 9. Composición de las distintas raciones durante el tratamiento 2.....	31
Tabla 10. Calendario de muestreo y tipo de alimentación suministrada	32
Tabla 11. Composición media de la leche de cabra por tratamiento y lote, expresada en porcentaje del total de componentes en leche fresca de tanque.....	43
Tabla 12. Significación del efecto de las variables lote, control y su interacción en el contenido (%) de cada ácido graso (C6:0, C8:0, C10:0 y C12:0) en el perfil total de ácidos grasos. Significación de la comparación entre medias evaluada mediante Procedimiento Lineal General (PROC GLM, SAS).....	46
Tabla 13. Significación del efecto de las variables lote, control y su interacción en el contenido (%) de cada ácido graso (C13:0, C14:0; C14:1; C15:0, C15:1; C16:0, C16:1; C16:2, C17:1) en el perfil total de ácidos grasos. Significación de la comparación entre medias evaluada mediante Procedimiento Lineal General (PROC GLM, SAS).....	48
Tabla 14. Significación del efecto de las variables lote, control y su interacción en el contenido (%) de cada ácido graso (C18:0, C18:1 Trans; C18:1 Cis; C18:2n6t, C18:2n6c, GLA, C19:0, ALA; CLA 9n11t, CLA 10n12t, C20:0, C20:1, C20:4, C20:5) en el perfil total de ácidos grasos. Significación de la comparación entre medias evaluada mediante Procedimiento Lineal General (PROC GLM, SAS).....	52
Tabla 15. Efecto de la inclusión de subproductos de alcachofa al porcentaje de SFA, MUFA, PUFA, CLA total y cálculo del índice de aterogeneidad (ATI).....	55

LISTA DE ABREVIATURAS

ALA: Ácido alfa-linolénico

BEDCA: Base de Datos Española de Composición de Alimentos

CCAA: Comunidades Autónomas

CLA: Ácido linoleico conjugado

FAME: Ésteres metílicos de ácidos grasos

FEGA: Fondo Español de Garantía Agraria

GLA: Ácido gamma-linolénico

HPLC: Cromatografía Líquida de Alta Eficacia

InLac: Organización Interprofesional Láctea

MAPAMA: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

MUFA: Ácidos grasos monoinsaturados

PFA: Valor generado por el sector agrario

PFG: Valor generado por el sector ganadero

PUFA: Ácidos grasos poliinsaturados

SFA: Ácidos grasos saturados

TMC: Triglicéridos de cadena media

UE: Unión Europea

1. INTRODUCCIÓN

1.1 EL SECTOR LÁCTEO ESPAÑOL

El sector lácteo es considerado un sector estratégico en el ámbito agroalimentario debido a su gran importancia económica y a su contribución al desarrollo y a la fijación de la población rural (InLac, 2016). Se sitúa en el segundo puesto en importancia económica dentro de los subsectores ganaderos, con un 17,2% del valor generado por el sector ganadero (PFG) y el 6,3% del valor total del sector agrario (PFA), superado únicamente por el porcino (Mercasa, 2017). En la actualidad, la cadena de producción y transformación láctea en nuestro país produce más de 11.820 millones de euros y genera empleo a cerca de 80.000 personas (InLac, 2016).

La producción de leche en España alcanzó según el Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA) una cifra aproximada de 7,65 millones de toneladas entre leche de vacuno, ovino y caprino en el año 2015. La gran mayoría de la leche producida en nuestro país es leche de vaca, abarcando un total aproximado de 6,79 millones toneladas (88,8% de la producción total leche), seguida de la leche de oveja con 441.000 toneladas (5,7%) y la leche de cabra con 418.000 toneladas (5,5%) (InLac, 2016). Dentro de la Unión Europea (UE), España es uno de los países más destacados en cuanto a la producción de leche, siendo el séptimo país con mayor producción de leche de vaca (4% de la producción de la UE), líder en la producción de leche de oveja (produce aproximadamente el 17%) y el segundo en producción de leche de cabra con un porcentaje que oscila entre el 20-25% (InLac, 2016).

La mayor parte de la producción industrial de lácteos se comercializa como leche líquida, seguido de la producción de yogures y leches fermentadas (38,9% del total de derivados lácteos consumidos en el hogar), quesos (19,8%), natas (5%), mantequillas (1,7%) y una elevada producción de otros tipos de derivados lácteos (Tabla 1). Se estima que en los próximos años, la producción de leche y derivados lácteos aumentará en comparación con los resultados obtenidos en 2014 (InLac, 2016).

Tabla 1. Producción industrial de productos lácteos en España (2010-2015)

PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE PRODUCTOS LÁCTEOS (millones de toneladas)						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015*
Leche líquida	3518,1	3611,7	3492,1	3669,3	3521,2	3687
Yogures y leches fermentadas	760,8	788,4	820,1	897	801,5	925,6
Queso	335,7	341,4	347	409	435,8	465,4
Nata	118,2	111,5	153,4	128,4	100,5	117,2
Mantequilla	37,9	42,1	36,7	35,5	39,8	40,1

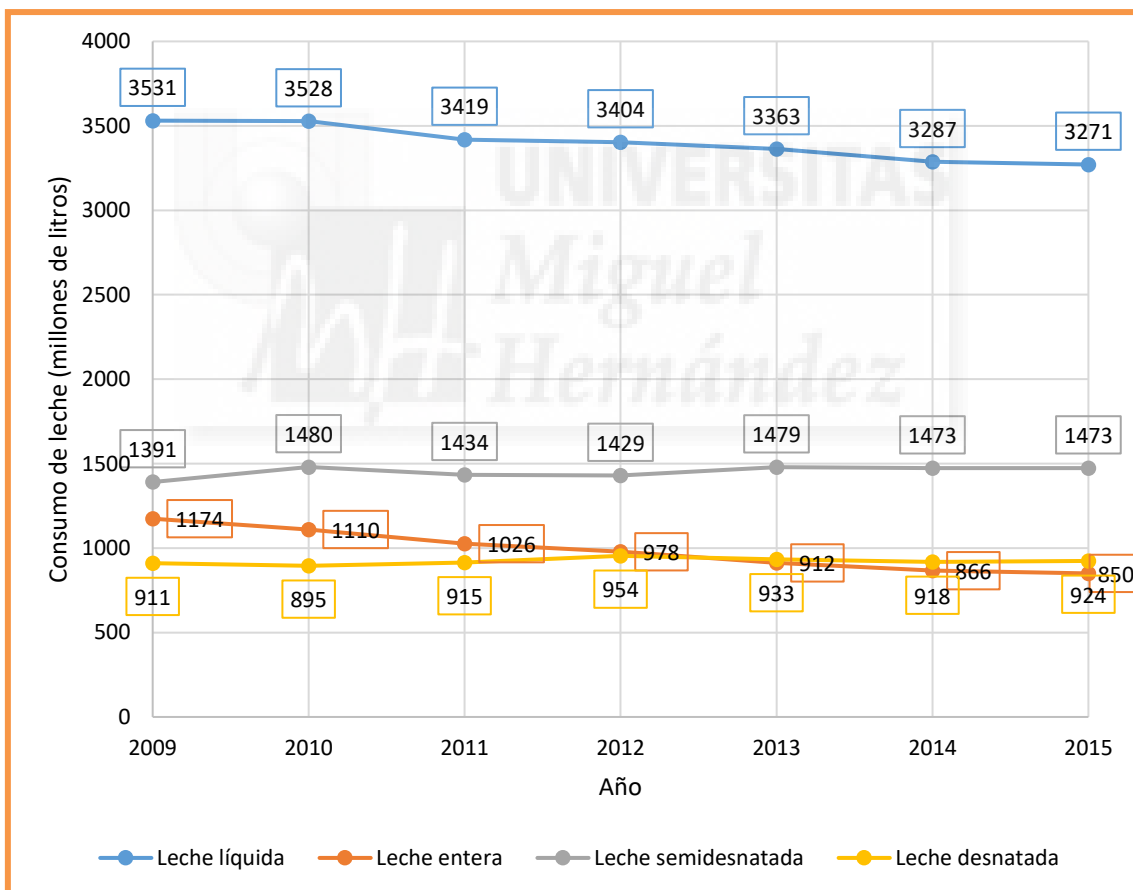
Fuente: Encuesta láctea anual de producción y destino de todas las clases de leche en España 2015. MAPAMA.

Elaboración: Propia

La distribución del gasto alimentario en productos lácteos alcanzó el 12,2% sobre el gasto total en alimentos en el año 2015. A pesar de este buen dato, el consumo de productos lácteos durante los últimos años ha presentado una tendencia ligeramente descendente, con un pequeño repunte del consumo de derivados lácteos en 2015 (Gráficas 1 y 2) (Mercasa, 2017). El consumo de leche líquida se estimó en 3.271 millones de litros (valor 0,5% inferior al de 2014), estableciéndose un consumo per cápita en España de 73,3 litros. El tipo de leche más comercializada fue la leche semidesnatada con una cuota de mercado del 45,3%, sobre la leche desnatada (28,5%) y entera (26,2%). Por lo que respecta a los derivados lácteos, su consumo se estimó en 1.597 millones de kilos (valor 1% superior al de 2014), y su consumo per cápita se situó en 35,79 kilogramos (InLac, 2016).

España presenta un consumo interno de leche superior a su producción, ocasionando un balance negativo en el mercado exterior debido a las grandes diferencias en volumen y valor entre importaciones y exportaciones. En términos totales, en el año 2015 se importaron algo más de 880.000 toneladas de productos lácteos por un valor superior a los 1.481 millones de euros. Las principales importaciones provienen de otros países de la UE con sobreproducción estructural de productos lácteos, (principalmente Francia, Portugal, Alemania y Holanda) donde se importa el 99,9% en volumen y el 99,6% en valor (Mercasa, 2017).

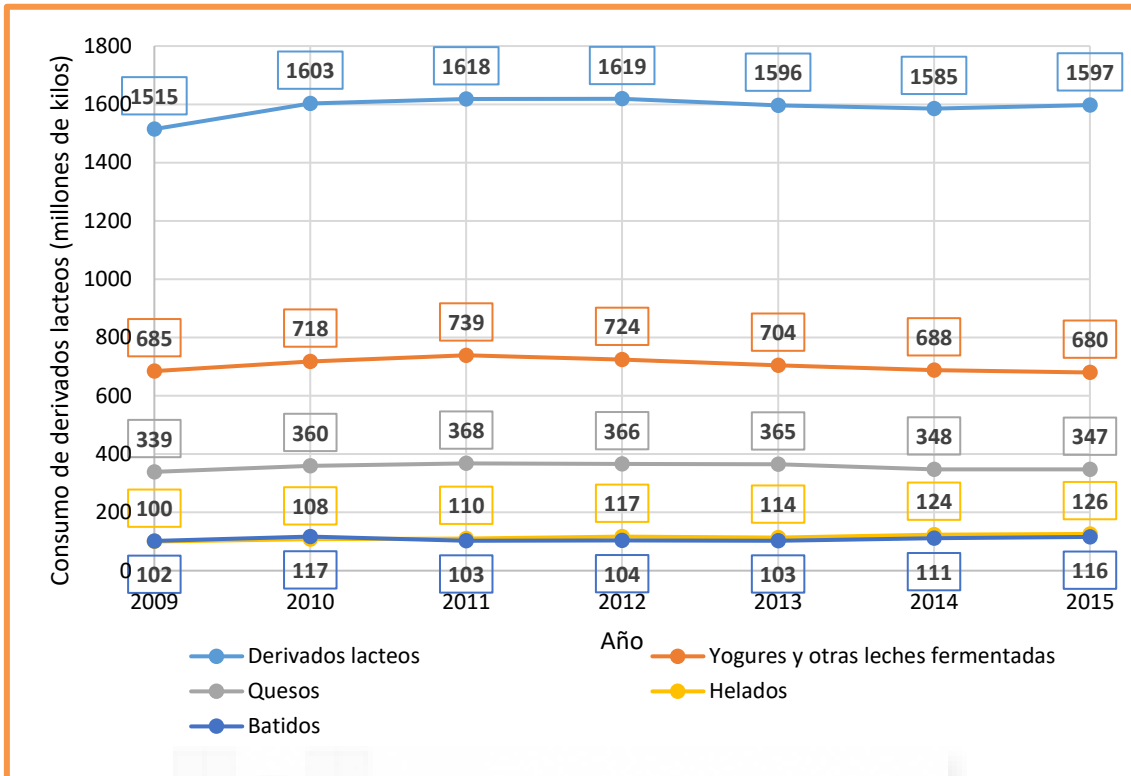
Por el contrario, las exportaciones alcanzaron un valor cercano a las 445.000 toneladas con un valor de 876,7 millones de euros, siendo otros países de la UE los principales destinos de nuestros productos (principalmente Portugal, Francia, Italia y Reino Unido) con el 87,2% del volumen y el 78,1% del valor total. A pesar de estas grandes diferencias en cantidad y valor, el balance negativo entre importaciones y exportaciones se ha reducido en un 40% desde el año 2010, debido a una reducción en las importaciones y un crecimiento de las exportaciones. Los datos de 2015 indican un descenso de las exportaciones de un 12,7% en volumen y del 11,8% en valor, con un incremento del 3,1% de las importaciones, aunque su valor descendió en un 0,4% (Inlac, 2016; Mercasa 2017).



Grafica 1. Consumo de leche de vaca en España por tipos (2009-2015)

Fuente: Informe del consumo de alimentación en España 2015. MAGRAMA.

Elaboración: Organización interprofesional láctea (InLac)



Grafica 2. Consumo de derivados lácteos en España por tipos (2009-2015)

Fuente: Organización interprofesional láctea (InLac)

Elaboración: Propia

1.1.1 EL SECTOR LÁCTEO CAPRINO

La gran mayoría del censo caprino del mundo está ubicado en las regiones menos desarrolladas, siendo su principal función la producción de carne. Sin embargo, los países de la Cuenca Mediterránea emplean las explotaciones caprinas en mayor medida para la producción de leche y su posterior industrialización (Falagán & Mateos, 1996).

La leche de cabra es la tercera más producida en el mundo, con una producción estimada de 21,6 millones de toneladas durante el año 2015. Este valor supone aproximadamente el 2,3% de la producción total de leche, superada únicamente por la leche de vaca (82,7%) y la de búfala (13,3%) (FAO, 2016). Como se ha comentado anteriormente, España es uno de los principales productores de leche de cabra en el mundo, aportando el 22% de la producción europea y el 2% de la producción mundial (InLac, 2016), lo que supone en torno al 2,2% de la PFG y el 0,8 % de la PFA (Mercasa, 2017).

La evolución de las explotaciones de producción de leche en los últimos años esta recopilada en la tabla 2. El número de explotaciones de caprino de reproducción para la producción de leche presenta una tendencia descendente en los últimos años, reduciéndose su número en el último curso en un 3%. Por el contrario, las explotaciones para producción mixta (carne y leche) han incrementado en el año 2016 un 2,6% y continua con el incremento observado en los últimos años (MAPAMA, 2016).

En 2016, Andalucía fue la comunidad autónoma que lideró el número de explotaciones para la producción exclusiva de leche de cabra con un total de 3613 explotaciones, seguida de Canarias, Castilla la Mancha. Murcia y Extremadura. En cuanto a la producción mixta, la principal comunidad continuo siendo Andalucía con 4599 explotaciones, seguida de Castilla la Mancha, Extremadura, Canarias y Asturias.

Tabla 2. Evolución de las explotaciones de caprino de producción de leche y mixta en España (2014-2016)

COMUNIDADES AUTÓNOMAS*	EXPLORACIONES PRODUCCIÓN DE LECHE				EXPLORACIONES PRODUCCIÓN MIXTA (CARNE-LECHE)			
	2014	2015	2016	% VAR 15-16	2014	2015	2016	% VAR 15-16
Andalucía	3462	3617	3613	-0,1%	3680	4206	4599	9,3%
Asturias	22	22	23	4,5%	597	601	587	-2,3%
Canarias	900	827	767	-7,3%	1541	1394	1225	-12,1%
Cantabria	18	21	22	4,8%	146	179	197	10,1%
Castilla la Mancha	686	698	729	4,4%	1667	1599	1552	-2,9%
Castilla y León	270	280	272	-2,9%	328	332	348	4,8%
Cataluña	86	90	108	20%	93	107	100	-6,5%
Comunidad Valenciana	156	146	150	2,7	8	7	9	28,6%
Extremadura	519	484	466	-3,7%	1061	1259	1422	12,9%
Madrid	143	149	148	-0,7%	28	30	36	20%
Murcia	573	518	534	3,1%	35	33	34	3%
País Vasco	588	305	111	-63,6%	448	392	297	-24,2%
TOTAL	7519	7249	7035	-3%	9733	10259	10521	2,6%

*Comunidades autónomas con al menos 100 explotaciones entre ambos tipos de producción

Fuente: MAPAMA, 2016

Elaboración: Propia

Las distintas evoluciones en el número de explotaciones según su producción también se reflejan en el número de cabezas de ganado. Las hembras dedicadas al ordeño se han reducido de manera considerable durante los últimos 10 años. En la actualidad, el número de hembras es ligeramente superior al millón de unidades, valor 5,49% menor al registro del 2014 y un 30,87% inferior del número de hembras que se contabilizaron en el año 2006 (1.447.120 unidades)(MAPAMA,2016).

La comunidad autónoma ampliamente predominante continua siendo Andalucía, con aproximadamente el 38,4% de las hembras, seguido de Castilla y León (14,6%), las islas Canarias (13,7%) y Murcia (13,3%) (Tabla 3)(MAPAMA, 2016).

Tabla 3. Hembras de caprino de ordeño por CCAA (2015)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	HEMBRAS DE ORDEÑO
Andalucía	383.847
Castilla y León	146.389
Canarias	137.440
Murcia	132.876
Castilla La Mancha	73.947
Extremadura	47.227
Comunidad Valenciana	29.511
OTRAS CCAA	49.147
TOTAL	1.000.384

Fuente: Indicadores económicos del sector ovino y caprino de leche 2015. MAPAMA

Elaboración: Propia

Las principales razas caprinas lecheras utilizadas en España son la murciano-granadina, malagueña y la canaria. El ordeño se realiza habitualmente durante 7-9 meses, produciéndose la cubrición tras el periodo de lactación. Esto permite un ritmo reproductivo de un parto al año. La producción de leche por periodo de lactación se estima en torno a los 300-400 litros, dependiendo de la raza y alimentación, obteniéndose producciones más elevadas en las explotaciones de tipo intensivo (Falagán & Mateos, 1996; Bonilla *et al.*, 2001).

El año 2014 presentó los peores datos en cuanto a producción de leche de cabra de los últimos 10 años, con una producción inferior a las 400.000 toneladas de leche (340.000

toneladas). La estimación de la producción en 2015 según la FEGA indica un incremento de la producción en casi un 23%, alcanzando un total de 418.000 toneladas de leche (cantidad similar a la producción de años anteriores). Al igual que en el resto casos anteriormente citados, Andalucía es la comunidad autónoma líder en la producción de leche de cabra con más del 42% de la producción total (Tabla 4). Otras comunidades autónomas que también presentan importantes producciones de leche de cabra son Castilla-La Mancha (19,4%), Murcia (13,8%), Extremadura (8%), Castilla y León (6,2%) y Canarias (4,8%) (Inlac, 2016; Mercasa 2017).

Tabla 4. Evolución de la producción de leche de cabra por CCAA (2013-2015)

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE DE CABRA (miles de toneladas)				
	2013	2014	2015*	% PRODUCCIÓN 2015
Andalucía	184	106,2	178,2	42,6%
Aragón	3	0,7	0,4	0,1%
Canarias	84	17	20,2	4,8%
Castilla La Mancha	59	83,3	81	19,4%
Castilla y León	31	32,6	25,8	6,2%
Cataluña	6	1,6	4,4	1,1%
Extremadura	21	17,8	33,4	8%
Madrid	0,5	0,4	0,5	0,1%
Murcia	35	50,4	57,7	13,8%
Valencia	13,3	15,4	9,7	2,3%
Otras CCAA	8,2	8,6	6,7	1,6%
Total ESPAÑA	445	340	418	100%

*Valores estimados

Fuente: Mercasa, con datos de MAGRAMA. Entregas adquiridas

Elaboración: Propia

1.2 COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE CABRA

La leche es fluido biológico de estructura compleja segregado por las glándulas mamarias de las especies mamíferas cuya composición y propiedades físicas varían en función de las necesidades de sus crías. El agua es el componente principal de la leche, presentando también cantidades variables de proteínas, grasas, carbohidratos, minerales y otros compuestos liposolubles e hidrosolubles (Varman & Surthenland, 1995).

Diversos estudios han demostrado que la composición de la leche está influenciada por determinados factores intrínsecos del animal (especie, raza, producción de leche, estado de lactancia...), y por factores extrínsecos, entre los que se encuentran la alimentación, la estacionalidad o el sistema de ordeño, entre otros factores (Park, Juárez, Ramos & Haenlein, 2007; Salvador & Martínez, 2007; Martínez-García, Villejas-Aparicio, Fuentes-Mascorro, Perez-León & Jerez-Salas, 2014). Es por ello, que la composición de la leche de cada especie puede variar de manera significativa entre las distintas fuentes que se consulten.

La composición básica de la leche de cabra, oveja, vaca y humana de Park *et al.* (2007) esta recopilada en la tabla 5. Los resultados indican que la leche de cabra presenta unas características cuantitativas muy similares a la leche de vaca, no observándose diferencias mayores a un 0,3% en ningún valor con excepción de la lactosa, cuyo contenido es superior en la leche de vaca. Por otro lado, la leche de oveja es la que más diferencias presenta con respecto a la leche de cabra, debido fundamentalmente a su alto contenido en materia seca, que le proporciona un mayor contenido en grasa y compuestos nitrogenados. Por último, la comparación con la leche materna presenta determinadas similitudes, aunque se diferencian ampliamente en el contenido de carbohidratos, proteínas y minerales (cenizas).

Tabla 5. Composición componentes mayoritarios de la leche de distintas especies

COMPOSICIÓN	LECHE DE CABRA	LECHE DE OVEJA	LECHE DE VACA	LECHE MATERNA
Agua (%)	87,3	80,1	87,4	87,1
Materia Seca (%)	12,7	19,9	12,6	12,9
Grasa (%)	3,8	7,9	3,6	4,0
Sólidos no grasos (%)	8,9	12,0	9,0	8,9
Lactosa (%)	4,1	4,9	4,7	6,9
Caseína (%)	2,4	4,2	2,6	0,4
Albumina, globulina (%)	0,6	1,0	0,6	0,7
Nitrógeno no proteico (%)	0,4	0,8	0,2	0,5
Cenizas (%)	0,8	0,9	0,7	0,3
Calorías/100 mL	70	105	69	68

Fuente: Park *et al.*, 2007

Elaboración: Propia

1.2.1 LÍPIDOS

Los lípidos son uno de los componentes más importantes tanto por la calidad tecnológica como nutricional de la leche de cabra, siendo un factor clave en el rendimiento quesero, firmeza, color y sabor de muchos productos lácteos (Chilliard, Ferlay, Rouel & Lamberet, 2003).

Como se ha comentado anteriormente, el contenido total de lípidos, así como el resto de componentes mayoritarios de la leche varían por determinados factores intrínsecos y extrínsecos. Es por ello que el contenido en lípidos de la leche de cabra puede variar entre valores en torno al 3,5-6% (Falagán & Mateos, 1996; Acero, López, Garrido, García & Consuegra, 2000; Chacón, 2005; Mataix, García, Mañas, Martínez & Llopis, 2009; Moreiras, Carbajal, Cabrera & Cuadrado, 2013; BEDCA, 2017).

El contenido en grasa de la leche presenta los niveles más altos tras el parto, y va disminuyendo a lo largo del periodo de lactancia. Este descenso está asociado a la relación inversamente proporcional entre la producción de leche y su contenido en materia seca y a una disminución de la movilización de las grasas en el organismo que ocasiona una reducción de la disponibilidad de ácidos grasos no esterificados en el

plasma sanguíneo (especialmente esteárico (C18:0) y oleico (18:1)) y que dificulta la síntesis de lípidos en las glándulas mamarias (Chilliard *et al.*, 2003).

Se estima que aproximadamente el 95-98% de los lípidos totales presentes en la leche se encuentran en forma de triglicéridos (Chacón, 2005; Park *et al.*, 2007). Además de los triglicéridos, la leche presenta otros lípidos como pueden ser diacilgliceroles, monoacilgliceroles, fosfolípidos, esteroides o ésteres de colesterol. La gran mayoría de los compuestos lipídicos se encuentran en la leche formando unas estructuras denominadas glóbulos de grasa (Park *et al.*, 2007).

A pesar de que no existan grandes diferencias en el contenido total de lípidos totales presentes en la leche de vaca y la de cabra (tabla 5), varios estudios han demostrado diferencias significativas en el tamaño de los glóbulos de grasa y la composición en ácidos grasos.

En primer lugar, los glóbulos de grasa formados en la leche de cabra presentan un menor tamaño medio que los observados en la leche de vaca (2 μm en la leche de cabra por 3-5 μm en la leche de vaca). Muchos autores han relacionado esta característica a una mejor digestibilidad de la leche de cabra (Chacón, 2005; Park *et al.* 2007, Silanikove, Leitner, Merin & Prosser, 2010). La principal causa de este menor tamaño está asociado a la ausencia de aglutinina, una proteína encargada de concentrar los glóbulos grasos generando estructuras más complejas y de mayores dimensiones (Jandal, 1996; Park *et al.*, 2007).

Por lo que respecta al perfil de los ácidos grasos, los ácidos grasos saturados son los más abundantes en la leche de los mamíferos, aportando aproximadamente entre el 55-70% del total de ácidos grasos. El contenido en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados es bastante similar en ambas leches, aportando aproximadamente el 25-30% y el 3-5% del total de ácidos grasos respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6. Composición de ácidos grasos en la leche de cabra

	BEDCA		MOREIRAS		MATAIX	
	CABRA	VACA	CABRA	VACA	CABRA	VACA
Lípidos totales	3,70	3,8	3,9	3,6	3,9	3,6
Ácidos grasos saturados	2,5	2,3	2,58	1,95	2,58	2,2
Á. g. monoinsaturados	0,9	1,1	1,06	0,93	1,06	1,1
Á. g. poliinsaturados	0,1	0,13	0,09	0,09	0,09	0,11

Fuente: Mataix *et al.*, 2010; Moreiras *et al.*, 2013; BEDCA, 2017

Elaboración: Propia

Diversos estudios hacen hincapié en el mayor contenido de ácidos grasos de cadena media presentes en la leche de cabra, sobre todo con respecto al contenido de los ácidos grasos caproico (C6:0), caprílico (C8:0) y cáprico (C10:0), responsables en parte de algunas de las características que presentan los productos elaborados a partir de leche de cabra (Jandal, 1996; Chilliard *et al.*, 2003; Chacón, 2005; Park *et al.*, 2007; Silanikove *et al.*, 2010). Además del contenido en ácidos grasos de cadena media, la leche de los rumiantes es rica en ácido palmítico (C16:0), esteárico y oleico (Chilliard *et al.*, 2003), pudiendo superar la suma de ácidos grasos cáprico, mirístico (C14:0), palmítico, esteárico y oleico el 75% del total de los ácidos grasos presentes en la leche de cabra (Park *et al.* 2007).

1.2.2 PROTEÍNAS

Las proteínas son junto a los lípidos, los dos componentes más importantes en las aptitudes tecnológicas de la leche y el rendimiento quesero. El porcentaje en proteínas en la leche de cabra oscila entre valores en torno al 3,3-4,0% (Falagán & Mateos, 1996; Acero *et al.*, 2000; Chacón, 2005; Mataix *et al.*, 2009; Moreiras *et al.*, 2013; BEDCA, 2017). Este valor es superior a los valores determinados en la leche de vaca, pero no supera el contenido en proteínas presente en leche de oveja.

Aproximadamente el 95% del nitrógeno presente en la leche se encuentra formando proteínas, quedando el 5% restante como nitrógeno no proteico. Las proteínas de la leche se clasifican en 2 grupos: caseínas y proteínas del suero (Varman & Surthenland, 1995).

Las caseínas son las proteínas mayoritarias en la leche, constituyendo aproximadamente el 80% del total. El mayor porcentaje de caseínas se obtiene durante el calostro, reduciéndose su porcentaje durante la lactación hasta la etapa final, donde se incrementa el porcentaje de proteínas del suero (Varman & Surthenland, 1995). Estas proteínas destacan por ser globulares, anfipáticas, forman agregados denominados micelas de caseína y desempeñan un papel fundamental en la elaboración e industrialización de diversos productos lácteos (Varman & Surthenland, 1995).

Las proteínas del suero (también conocidas como proteínas del lactosuero) son proteínas globulares que se encuentran disueltas en el suero. Estas proteínas se dividen en α -lactoalbumina, β -lactoalbumina y pequeñas cantidades de proteínas de origen sanguíneo: seroalbumina e inmunoglobulinas. Están relacionadas con diversas funciones, llegando a actuar como coenzimas para la síntesis de lactosa, o interviniendo en procesos inmunológicos o de transporte entre otros procesos (Walstra *et al.*, 2001).

Las proteínas de la leche de cabra presentan dos grandes diferencias en comparación con la leche de vaca y otras especies lactantes. En primer lugar, la leche de cabra presenta un mayor contenido en 6 de los 10 aminoácidos esenciales: Treonina, isoleucina, lisina, cistina, tirosina y valina (Haenlein, 2004). Además, presenta un mayor contenido en glicina, por un menor contenido en arginina y aminoácidos sulfurados, especialmente metionina (Chacón, 2005).

La otra diferencia se encuentra en el tamaño y en la estructura molecular de las proteínas, sobre todo en la caseína. Diversos estudios han cuantificado el tamaño de las caseínas en diversas especies no estableciéndose una uniformidad en los resultados. Alais (1988) afirmó que el tamaño de la caseína en la leche de cabra era inferior al tamaño en leche de vaca (50 nm por 75 nm respectivamente). Por el contrario, Silanikove *et al.* (2010) estableció un mayor tamaño en la caseína de la leche de cabra,

siendo estas de un tamaño entre 100-200 nm, por 60-80 nm en el caso de la leche de cabra.

Donde sí que existe una uniformidad entre los autores es en las diferencias en el contenido de las diversas especies de caseínas. La leche de cabra presenta un contenido superior en la leche de cabra de caseínas α_{s2} y β , por un menor contenido en caseínas α_{s1} que otras especies animales (Haenlein, 2004; Chacón, 2005; Park *et al.*, 2007; Silanikove *et al.*, 2010). Esta última especie de caseínas está asociada a la aparición de alergias ocasionadas por el consumo de leche de vaca, así como, a una peor digestibilidad de la misma (Chacón, 2005). Otros estudios relacionaron el menor contenido en caseínas α_{s1} a un menor rendimiento de la cuajada, de firmeza más débil y un mayor tiempo de coagulación en la elaboración de quesos (Haenlein, 2004).

1.2.3 CARBOHIDRATOS

El porcentaje de carbohidratos presentes en la leche de cabra oscila en torno al 4-5,5%, presentándose mayoritariamente como lactosa, principal carbohidrato presente en la leche de cabra y otras especies lactantes (Acero *et al.*, 2000; Chacón, 2005; BEDCA, 2017). Este compuesto es un disacárido, formado por la unión de una molécula de D-glucosa y D-galactosa mediante un enlace β 1-4 glicosídico, cuya síntesis se produce a partir de glucosa en la glándula mamaria con la participación como coenzima de la proteína α -lactoalbumina (Walstra *et al.*, 2001).

El contenido de lactosa en las leches de especies rumiantes varía a lo largo de la lactación, produciéndose los niveles más bajos durante el calostro y durante la etapa final (Park *et al.*, 2007). Diversos estudios han analizado el contenido de lactosa en la leche de diversas especies (Jandal, 1996; Chacón, 2005; Park *et al.* 2007; Silanikove *et al.*, 2010) indicándose en sus resultados un mayor contenido promedio en la leche de vaca sobre la de cabra.

La lactosa desempeña varias funciones dentro del organismo, entre las que destacan el incremento en la absorción intestinal de varios minerales como el calcio, magnesio y fósforo, favorece la utilización de la vitamina D y mantiene el equilibrio osmótico entre

la sangre y las células alveolares de las glándulas mamarias durante la síntesis y secreción de la leche (Park *et al.*, 2007). Así mismo, es utilizado comúnmente como ingrediente alimentario debido a sus propiedades estabilizantes de las proteínas y su bajo poder edulcorante (Varman & Surthenland, 1995).

Diversos estudios han afirmado que el contenido de oligosacáridos y monosacáridos en la leche de cabra es superior al presente en la leche de vaca (Park *et al.*, 2007). Según Martínez-Ferez *et al.* (2006) el contenido en oligosacáridos de la leche de cabra puede ser 4 veces superior al obtenido en la leche de vaca, alcanzando un valor entre 250-300 mg/L.

1.2.4 MINERALES Y VITAMINAS

El contenido en minerales de la leche de cabra es bastante estable, presentando ligeras diferencias ocasionadas por la raza, alimentación, etapa de lactancia y el estado de salud de la ubre (Park *et al.*, 2007). El contenido en minerales de la leche de cabra oscila entre 0,7-0,85% (Jandal, 1996; Silanikove *et al.*, 2010), por un valor de 0,7% que se estima en la leche de vaca (Park *et al.*, 2007). La gran mayoría de los estudios realizados indican un mayor contenido en calcio, fósforo, potasio, magnesio y cloro, así como un menor contenido en sodio, selenio y zinc en la leche de cabra en comparación con la leche de vaca (Tabla 7) (Chacón, 2005; Park *et al.*, 2007; Silanikove, 2010). Park *et al.* (2007) indicaron que la gran mayoría de los minerales traza presentes en la leche de cabra no han sido lo suficientemente estudiados a pesar de sus posibles intereses nutricionales.

Por lo que respecta al contenido en vitaminas, la comparación con la leche de vaca muestra que la leche de cabra destaca por un contenido superior en vitamina A, esto es debido a la capacidad de las cabras y otros rumiantes de realizar una conversión total del β -caroteno en vitamina A, obteniéndose tras el proceso una leche de un color más blanco. En las vitaminas del complejo B, la leche de cabra destaca por un contenido superior en tiamina (Vitamina B1) y riboflavina (Vitamina B2), pero presenta deficiencias en cuanto al ácido fólico y a la vitamina B12 (cuyo contenido en la leche de vaca puede llegar a ser 5 veces superior). El contenido en piridoxina (Vitamina B6), así

como el de vitamina C, D y E es considerado deficiente tanto en la leche de cabra como la de vaca (Tabla 7) (Jandal, 1996; Chacón, 2005; Park *et al.* 2007).

Tabla 7. Contenido en minerales y vitaminas en 100 g de leche de cabra, oveja y vaca y su comparación con la leche humana.

	LECHE DE CABRA	LECHE DE OVEJA	LECHE DE VACA	LECHE MATERNA
MINERALES				
Ca (mg)	134	193	122	33
P (mg)	121	158	119	43
Mg (mg)	16	18	12	4
K (mg)	181	136	152	55
Na (mg)	41	44	58	15
Cl (mg)	150	160	100	60
S (mg)	28	29	32	14
Fe (mg)	0,07	0,08	0,08	0,20
Cu (mg)	0,05	0,04	0,06	0,06
Mn (mg)	0,032	0,007	0,02	0,07
Zn (mg)	0,56	0,57	0,53	0,38
I (mg)	0,022	0,020	0,021	0,007
Se (mg)	1,33	1	0,96	1,52
Al (mg)	ND	0,05-0,18	ND	0,06
VITAMINAS				
Vitamina A (UI)	185	146	126	190
Vitamina D (UI)	2,3	0,18 (µg)	2	1,4
Tiamina (mg)	0,068	0,08	0,045	0,017
Riboflamina (mg)	0,21	0,376	0,16	0,02
Niacina (mg)	0,27	0,416	0,08	0,17
Ácido pantoténico (mg)	0,31	0,408	0,32	0,20
Vitamina B6 (mg)	0,046	0,08	0,042	0,011
Ácido fólico (µg)	1	5	5	5,5
Biotina (µg)	1,5	0,93	2	0,4
Vitamina B12 (µg)	0,065	0,712	0,357	0,03
Vitamina C (mg)	1,29	4,16	0,94	5

Fuente: Park *et al.*, 2007

Elaboración: Propia

1.3 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS Y SU RELACIÓN CON LA SALUD HUMANA

La leche de cabra es considerada un alimento con características beneficiosas sobre la salud humana, debido a que su composición en ácidos grasos presenta una gran influencia en su valor funcional (Martínez, 2013). A pesar de este aspecto positivo, la modificación del perfil de ácidos grasos totales en la leche de cabra a través de la incorporación de suplementos lipídicos en la dieta de los animales ha sido ampliamente estudiado (Morand-Fehr, Fedele, Decandia & Le Frileux, 2007; Kholif *et al.*, 2015; Schentlino *et al.*, 2017).

Esta modificación del perfil de ácidos grasos totales enfocado a un incremento de los ácidos grasos beneficiosos para la salud puede generar un valor añadido en la elaboración de los productos lácteos. Los principales componentes lipídicos asociados con efectos beneficiosos para la salud son el ácido linoleico conjugado (CLA), ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y los ácidos grasos de cadena media.

El término CLA abarca la totalidad de isómeros posicionales y geométricos del ácido linoleico que contienen un sistema de doble enlace conjugado (Trigueros & Sendra, 2015). Estos isómeros los forman en el rumen bacterias anaerobias y son intermediarios en el proceso de biohidrogenación del ácido linoleico y la desaturación del ácido vacénico por la delta-9-desaturasa en la glándula mamaria (Serafeimidou, Zlatanov, Laskaridis & Sagredos, 2012). El isómero 9-cis, 11-trans, también conocido como ácido ruménico es el más abundante abarcando aproximadamente el 80% del total de CLA (Trigueros & Sendra, 2015).

En la actualidad, este compuesto presenta un gran interés debido a los efectos biológicos beneficiosos observados en estudios con animales, entre los que se encuentran un efecto positivo en la prevención de enfermedades cardiovasculares como el cáncer o la aterosclerosis (Haenlein, 2004; Trigueros & Sendra, 2015) para el isómero 9-cis, 11-trans, y un efecto antiobesidad (Trigueros & Sendra, 2015) y de desarrollo de la masa muscular (Serafeimidou *et al.*, 2012) para el isómero 10-cis, 12-

trans. Modificaciones en la dieta que de forma natural provoquen un aumento en estos ácidos grasos supondrá una mejora de la calidad de la leche.

El ácido oleico es el MUFA mayoritario en la leche de cabra (Chacón, 2005). Varios estudios han relacionado a estos ácidos grasos con un efecto protector sobre enfermedades cardiovasculares (Haenlein, 2004) y neurodegenerativas (Debbabi et al., 2017). Dentro de los PUFA, los ácidos grasos más relacionados con efectos beneficios para la salud son los ácidos grasos omega-3 (ácido α -linolénico (C18:3), el ácido eicosapentanoico (C20:5) y el ácido docosahexanoico (C22:6)) y los omega-6 (Ácido linoleico (C18:2), Ácido araquinódico (C20:4) y ácido docosapentaenoico (C22:5)). Los aceites vegetales son ricos en ácido α -linolénico y ácido linoleico, mientras que los aceites de pescado presentan mayor porcentaje del resto de ácidos grasos omega-3 y omega-6 (Vega *et al.*, 2012). De forma general, los PUFA están asociados a una menor incidencia de enfermedades crónicas como la obesidad, cardiovasculares, inflamatorias (Arab-Tehrany *et al.*, 2012), renales (Poudyal, Panchal, Ward & Brown, 2013), alteraciones en el crecimiento y funcionalidad corporal (Vega *et al.*, 2012).

Los ácidos grasos de cadena media presentan características beneficiosas propias para la salud y el tratamiento de patologías crónicas o gastrointestinales. Estos compuestos estimulan en menor medida la secreción de colecistoquinina, fosfolípidos biliares y colesterol, así como, son capaces de ser absorbidos en situaciones de deficiencia de lipasa pancreática o de sales biliares (Sáyago-Ayerdi, Vaquero, Schultz-Moreira, Bastida & Sánchez-Muniz, 2008). Además, diversos estudios han indicado que son una alternativa para el tratamiento de la obesidad, ya que su consumo incrementa la sensación de saciedad y reduce la lipogénesis, lo que desencadena en el descenso de la grasa y la reducción de peso corporal (Sáyago-Ayerdi *et al.*, 2008). Todos estos factores, hacen que el consumo de esta clase de ácidos grasos sea recomendable en individuos que padecen alteraciones cardiovasculares o sufren síndromes de malabsorción (Haenlein, 2004). La leche de pequeños rumiantes es rica en ácidos grasos de cadena media.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es el estudio del efecto de la inclusión de subproductos de alcachofa (*Cynara scolymus*) en la dieta de caprinos lecheros sobre el perfil de ácidos grasos totales.

- Objetivo específico:

Estudiar la inclusión a largo plazo de brácteas y planta de alcachofa ensiladas a dos niveles (12,5% y 25%) en la dieta de cabras Murciano-Granadinas, manteniendo las dietas iso-energéticas e iso-proteicas, y determinar el perfil de ácidos grasos totales en leche durante el estudio.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proceso de alimentación de las cabras con subproductos de alcachofa, así como la obtención de la leche cruda para el estudio se llevó a cabo en la Granja Docente y Experimental de Pequeños Rumiantes perteneciente a la Universidad Miguel Hernández ubicada en el interior de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (Alicante, España) (Figura 1).



Figura 1. Granja Docente y Experimental de Pequeños Rumiantes de la UMH

3.1.2 ANIMALES

Se seleccionaron 69 cabras hembras de la raza murciano-granadina, que posteriormente se clasificaron en tres grupos de 23 animales cada uno según el tipo de alimentación que se les iba a suministrar, situándose cada grupo en locales contiguos entre sí. Las cabras seleccionadas se encontraban en el cuarto mes de lactación y con un peso comprendido entre los $44,7 \pm 6,8$ kg.

Con el objetivo de establecer grupos experimentales lo más homogéneos posibles y reducir el efecto individuo, los animales se seleccionaron atendiendo a unas variables preestablecidas en cuanto a peso del animal, mes de lactación, número de lactación, producción de leche y recuento de células somáticas.

3.1.3 ALIMENTACIÓN

El estudio se realizó entre los meses de octubre de 2015 y febrero del 2016, estableciéndose una fase pre-experimental hasta mediados de octubre de 2015. En la fase pre-experimental, los animales se alimentaron con una ración comercial a base de alfalfa y una mezcla de granos. El día 20 de octubre se inició la fase experimental y se inició la inclusión de subproductos de alcachofa en la alimentación animal. Antes del inicio de los muestreos se estableció un periodo de adaptación a la nueva alimentación.

Los subproductos utilizados en este estudio provienen de distintos cultivos de alcachofa pertenecientes de la comarca de la Vega Baja del Segura (Alicante, España). Las partes seleccionadas para su inclusión en la alimentación de los rumiantes fueron la planta y las brácteas externas de la alcachofa. La conservación de estos subproductos se llevó a cabo a través de un proceso de ensilado, siendo almacenados en silos situados en los alrededores de la granja.

Como se ha comentado anteriormente, los animales del estudio se clasificaron en 3 grupos según su alimentación. Los grupos correspondieron a:

- Grupo testigo (T): Grupo en cuya alimentación no se incorporarán subproductos de alcachofa ensiladas.
- Grupo brácteas (B): Grupo en cuya alimentación se incluyó brácteas de alcachofas ensiladas (Figura 2).
- Grupo planta (P): Grupo en cuya alimentación se incluyó planta de alcachofa ensilada (Figura 3).



Figura 2. Subproducto ensilado de brácteas de alcachofa



Figura 3. Subproducto ensilado de planta de alcachofa

Durante los meses de estudio se realizaron dos tipos de tratamientos diferenciados por la cantidad de subproductos incluidos en la alimentación. Durante el primer experimento (20 de octubre al 15 de diciembre) se incorporó un 12,5% de subproducto de alcachofa en la alimentación proporcionada a los grupos brácteas y planta. En el segundo experimento (16 de diciembre al 2 de febrero) el porcentaje de subproducto de alcachofa se incrementó a un 25%. Los tres tipos de alimentación (testigo, brácteas y planta) cumplían en ambos experimentos con los requerimientos nutricionales de las cabras, siendo iso-energéticas e iso-proteicas con la finalidad de mantener el rendimiento lechero de las cabras. La composición de las raciones a lo largo de los dos tratamientos se recopilan en las tablas 8 e 9 respectivamente.

Tabla 8. Composición de las distintas raciones durante el tratamiento 1

INGREDIENTES (%)	TESTIGO	BRÁCTEAS	PLANTA
Alfalfa henificada en rama	37,53	16,22	19,08
Grano	59,33	41,15	47,33
Subproducto ensilado		41,15	31,48
Avena	3,14	0,82	
Paja		0,65	
Soja 44%			2,11
COMPOSICIÓN (%MS)			
Materia Seca	89,36	59,96	70,64
Unidades forrajeras lecheras	0,92	0,94	0,92
Proteína bruta	16	16	16
Fibra bruta	19,62	19,15	18,67
Fibra neutra detergente	37,83	38,52	38,07
Fibra ácido detergente	24,32	24,84	24,26
Azúcares	2,58	2,64	2,76
Grasa bruta	4,65	4,85	5,05
Cenizas	7,24	7,08	7,7
Lignina	5,65	4,32	4,24

Tabla 9. Composición de las distintas raciones durante el tratamiento 2

INGREDIENTES (%)	TESTIGO	BRÁCTEAS	PLANTA
Alfalfa henificada en rama	37,53	7,55	7,94
Grano	59,33	30,13	37,32
Subproducto ensilado		61,83	50,63
Avena	3,14		
Paja		0,32	
Soja 44%			3,83
COMPOSICIÓN (%MS)			
Materia Seca	89,36	45,18	59,22
Unidades forrajeras lecheras	0,92	0,95	0,91
Proteína bruta	16,00	16,01	16,00
Fibra bruta	19,62	19,22	17,83
Fibra neutra detergente	37,83	39,81	38,32
Fibra ácido detergente	24,32	25,97	24,22
Azúcares	2,58	2,54	2,85
Grasa bruta	4,65	4,89	5,32
Cenizas	7,24	7,38	8,42
Lignina	5,65	3,30	2,93

3.1.4 MUESTREOS

A lo largo de los dos experimentos se realizaron un total de 8 muestreos distribuidos en el tiempo según se indican en la Tabla 10. Tras cada ordeño, la leche procedente de cada uno de los grupos se almacenaba en depósitos refrigerados independientes, donde se llevaba a cabo su homogeneización. Los días seleccionados para los muestreos, se obtuvieron las muestras de leche de cada uno de los tanques de refrigeración. Cada una de las muestras se identificó según la alimentación suministrada y el número de muestreo correspondiente y se almacenó a -20°C hasta el momento de su análisis.

Tabla 10. Calendario de muestreo y tipo de alimentación suministrada

FECHA	MUESTREO	TRATAMIENTO
20/10/2015	Preexperimental	Preexperimental
03/11/2015	Muestreo 1	Tratamiento 1
17/11/2015	Muestreo 2	Tratamiento 1
01/12/2015	Muestreo 3	Tratamiento 1
15/12/2015	Muestreo 4	Tratamiento 1
12/01/2016	Muestreo 5	Tratamiento 2
26/01/2016	Muestreo 6	Tratamiento 2
02/02/2016	Muestreo 7	tratamiento 2

Los resultados obtenidos en cada uno de los muestreos se agruparán según el tratamiento realizado visto que no hubo diferencias significativas entre los parámetros determinados en cada grupo.

3.2 MATERIALES

3.2.1 EQUIPOS

- Baño termostáticos Reype
- Baño termostático P-Selecta
- Centrifuga Centurion Scientific LTD K40R series
- Cromatógrafo de gases Shimadzu GC-17A (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón)
- MilkoScan™ FT 120 (FOSS A/S)
- Peso Gram, modelo FH-2000

- Vitrina de gases Flores Valles
- Vortex IKA®, modelo MS1 Minishaker



Figura 4. Baño termostático Reype



Figura 5. Baño termostático P-Selecta

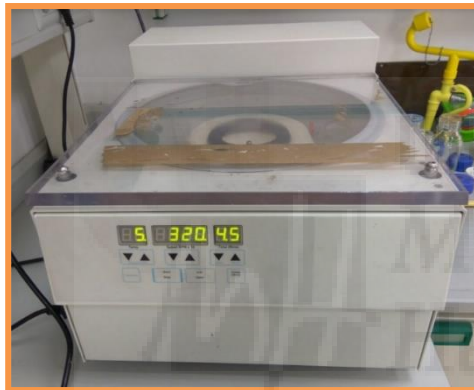


Figura 6. Centrifuga Centurion Scientific LTD, modelo K40R series



Figura 7. Peso Gram, modelo FH-2000



Figura 8. Vitrina de gases Flores Valles



Figura 9. Vortex IKA®, modelo MS1 Minishaker

3.2.2 MATERIAL DE LABORATORIO

- Agua destilada
- Tubos de centrifuga
- Pipetas
- Pipetas Pasteur Normax
- Teflón Miarco
- Tubos de vidrio
- Viales de cromatografía
- Insertos Supelco Analytical®
- Espátula



Figura 10. Material de laboratorio utilizado para la determinación de los ácidos grasos. 1: Tubo de vidrio; 2: Tubos de centrifuga; 3: Pipetas Pasteur; 4: Viales de cromatografía; 5: Teflón; 6: Espátula, 7: Pipeta

3.2.3 REACTIVOS

- Ácido nonanoico ($C_6H_{18}O_2$) Sigma (Steinheim, Alemania)
- Ácido heptadecanoico ($C_6H_{18}O_2$) Sigma (Steinheim, Alemania)
- Diclorometano (CH_2Cl_2) CHROMASOLV® para HPLC Sigma-Aldrich (Steinheim, Alemania)
- n-Hexano (C_6H_{14}) CHROMASOLV® para HPLC Sigma-Aldrich (Steinheim, Alemania)
- Hidróxido de sodio (NaOH) TQCHEM (Murcia, España).
- Metanol (CH_3OH) calidad HPLC-gradiente J.T. Baker (Phillipsburg, New Jersey, Estados Unidos)
- Sodio sulfato anhidro (Na_2SO_4) SOSU-AGA-500 Labkam (Vilassar de Dalt, Barcelona, España).
- Trifluoruro de boro (BF_3) al 14% en metanol Panreac (Castellar del Vallés, Barcelona, España)

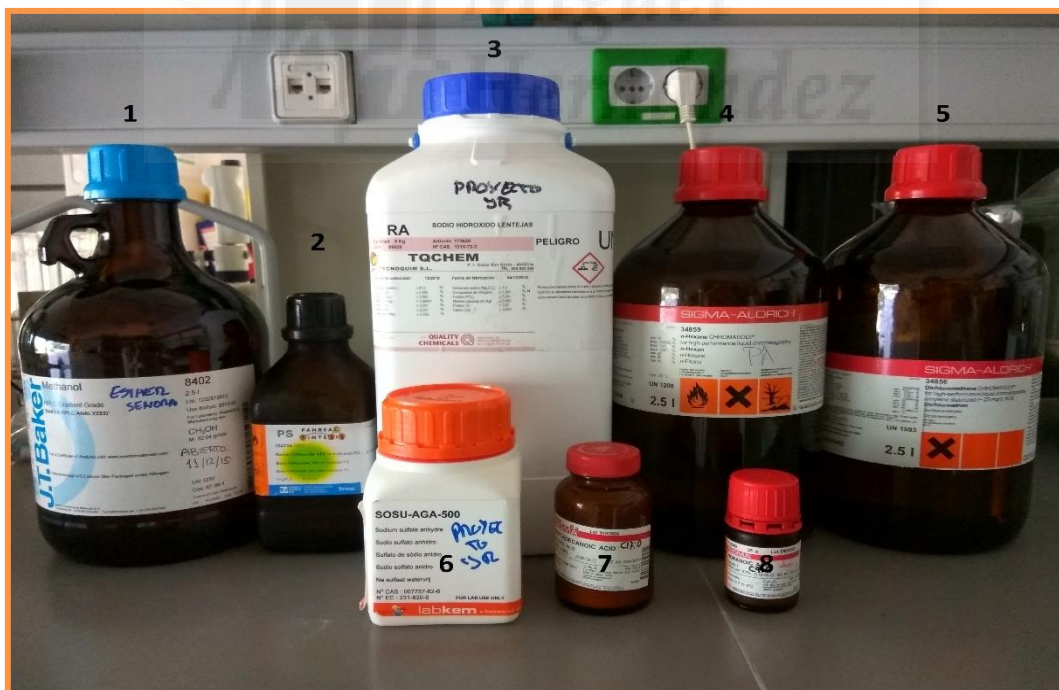


Figura 11. Reactivos utilizados para la determinación de los ácidos grasos. 1: Metanol; 2: Trifloruro de boro al 14% en metanol; 3: Hidroxido de sodio; 4: n-Hexano; 5: Diclorometano; 6: Sodio sulfato anhidro; 7: Ácido heptadecanoico, 8: Ácido nonanoico.

3.3 DETERMINACIÓN DEL PERFIL LIPÍDICO

3.3.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

La descongelación de las muestras se realizó mediante su inmersión en un baño con agua a 40 °C. Para evitar la separación de los componentes de la leche durante el proceso de descongelación, se realizó una homogeneización mediante una agitación suave del frasco que contiene la leche. Una vez que las muestras se encuentran completamente descongeladas y homogeneizadas, se dejaron atemperar hasta alcanzar la temperatura del ambiente.

3.3.2 DETERMINACIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA LECHE

La determinación de los principales componentes de la leche se realizó mediante un equipo de análisis basado en espectroscopia del infrarrojo cercano (NIR Near Infrared Spectroscopy), MilkoScan™ FT 120 (FOSS A/S) (Figura 12). Este equipo cumple con los estándares de la International Dairy Federation-AOAC. Los principales componentes determinados fueron: grasa (%), proteína bruta, proteína verdadera, caseína, proteínas del suero, lactosa, materia seca, extracto seco magro, y minerales.



Figura 12. MilkoScan™ FT 120 (FOSS A/S)

3.3.3 PREPARACIÓN DE LOS ÉSTERES METÁLICOS DE LOS ÁCIDOS GRASOS

Se determinó el perfil de ácidos grasos en leche de cabra mediante el método descrito por Romeu-Nadal, Morera-Pons, Castellote & López-Sabater (2004) con algunas modificaciones. Se tomó 3 mL de la muestra de leche, se mezcló con 120 μ L de patrón interno C9:0 (20mg/mL), 360 μ L de patrón interno C17:0 (20mg/mL) y 5 ml de diclorometano en metanol (2:1) en un tubo de centrifuga y se homogeneizó durante 1 minuto (Figura 13). A continuación, se centrifugó durante 8 minutos a 3500 rpm a 4 °C.

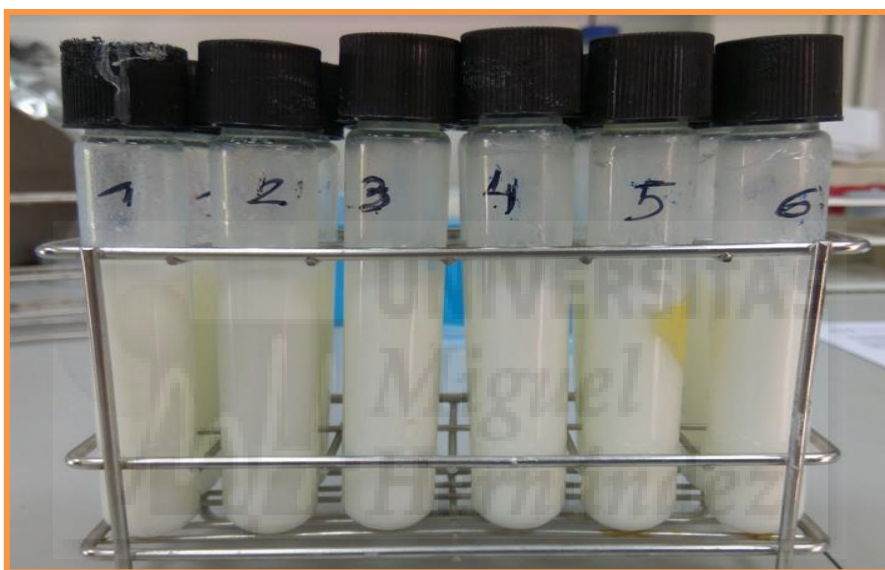


Figura 13. Mezcla de leche y reactivos homogeneizada para su centrifugación

Tras la centrifugación, se observó la formación de dos fases. La fase acuosa superior se eliminó cuidadosamente y se añadió nuevamente 3 mL de diclorometano en metanol (2:1). Se agitaron las muestras durante un minuto y se centrifugaron durante 6 minutos a 3500 rpm a 4 °C. Finalmente, se obtiene un precipitado y una fase orgánica inferior que se recupera (grasa extraída en diclorometano) (Figura 15).



Figura 14. Formación de un precipitado y una fase orgánica inferior

La determinación de los ácidos grasos requiere la preparación de ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAME) y su posterior análisis mediante cromatografía de gases. Para ello, se empleó el método descrito por Trigueros & Sendra (2015) con algunas modificaciones. Se tomaron 0,25 g de la fase orgánica y se saponificaron con 1 mL de disolución metanólica de NaOH (0,5 M) en un baño termostático a 90 °C durante 10 minutos (Figura 16 y 17).

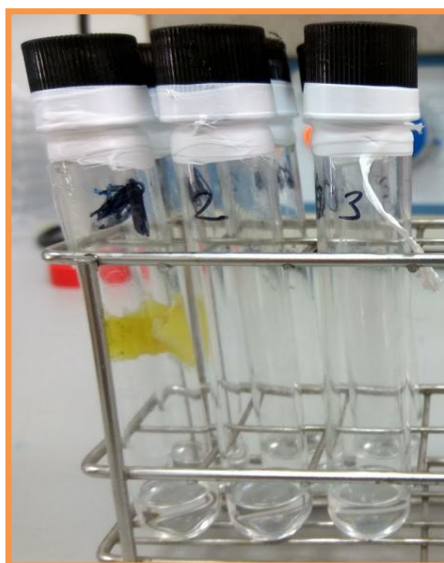


Figura 15. Muestras preparadas para el inicio del tratamiento térmico



Figura 16. Muestras a 90 °C durante 10 minutos

Trascurrido ese tiempo, las muestras se enfriaron en hielo hasta alcanzar temperatura ambiente, se añadió 1 mL de trifloruro de boro (14%) en metanol y se dejó a temperatura ambiente (25 °C) durante 30 minutos (Figura 18). Posteriormente, se adicionó 1 mL de agua destilada y 600 μ L de hexano, y se homogeneizó durante 1 minuto en un vortex. A continuación, se centrifugó a 3000 rpm durante 5 minutos. Finalizada la centrifugación, se ocasionó la formación de 2 fases (Figura 19).

Los ésteres metílicos situados en la fase superior se extrajeron y se llevaron a un tubo con sodio sulfato anhidrido, donde permanecieron durante 5 minutos. Para finalizar, se almacenó la fase orgánica en viales de cromatografía para su posterior análisis por cromatografía de gases.

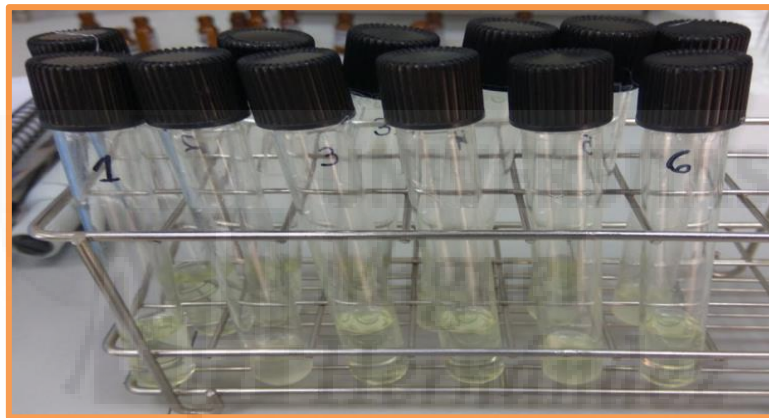


Figura 17. Muestras tras el tiempo de reacción del trifloruro de boro al 14% en metanol

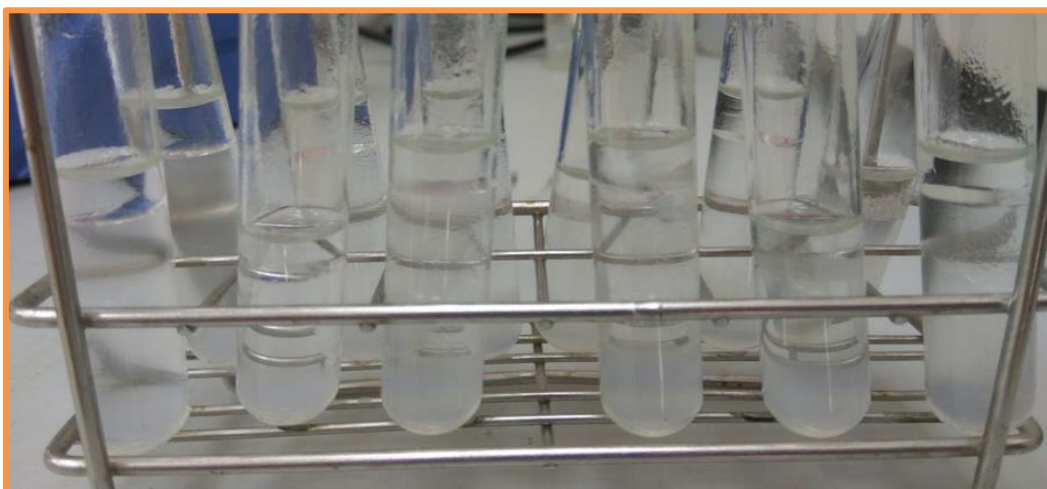


Figura 18. Separación en 2 fases tras el proceso de centrifugación

3.3.4. ANÁLISIS POR CROMATOGRFÍA DE GASES

La fase orgánica se analizó mediante GC-FID en un cromatógrafo de gases, Shimadzu GC-17A (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón), acoplado con un detector FID, DB-23 de Agilent, de 30 m de longitud \times 0,25 mm de diámetro interno \times 0,25 mm de espesor de la película de adsorción (100 % polietilenglicol) (Figura 20).

Los análisis se llevaron a cabo utilizando helio como gas portador a un caudal de 1,1 mL/min, inyección en splitless. El inyector y el detector se sometieron a unas temperaturas de 230 y 240 °C respectivamente y se siguió el siguiente programa de funcionamiento:

- I. Temperatura inicial de 50 °C
- II. Rampa de temperatura de 5 °C/min hasta 230 °C
- III. Mantenimiento a 230 °C durante 10 min.

La identificación de los picos se realizó por comparación con los tiempos de retención de patrones de ácidos grasos metilados (Sigma-Aldrich). Desde el ácido graso C6:0 al C12:0 en referencia al C9:0, a partir del C13:0 en referencia al C17:0. En ambos casos se consideró un factor de respuesta 1 para todos los ácidos grasos. Los resultados se expresan en porcentaje.



Figura 19. Cromatógrafo de gases Shimadzu GC-17A (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japón)

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se analizó la relación del perfil lipídico de la leche (C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C13:0, C14:0, C14:1, C15:0, C15:1, C16:0, C16:1, C16:2, C17:1, C18:0, C18:1 trans, C18:1 cis, C18:2n6t, C18:2n6c, gamma linolénico (GLA), C19:0, alfa linolenico (ALA), CLA 9c11t, CLA 10c12t, C20:0, C20:1, C21:0, C20:4; C20:5, C22:1; C22:6; ácidos grasos saturados (SFA), suma MUFA, PUFA y CLA total), con el tratamiento (3 niveles: testigo, brácteas de alcachofa, planta de alcachofa), el nivel de inclusión en la ración (3 niveles: pre-experimental (sin subproducto), 12.5% y 25%), y la interacción del tratamiento con el nivel de inclusión, mediante un análisis de varianza (Proc. GLM, SAS v 9.2., 2012).



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES MAYORITARIOS DE LA LECHE

Los resultados obtenidos en la determinación de los componentes mayoritarios de la leche mediante el análisis basado en espectroscopia del infrarrojo cercano se presentan en la tabla 11. Las muestras pre-experimentales, controles 1 y 2 (C1 y C2 respectivamente) son secuenciales en el tiempo, de modo que se ven afectadas por la evolución dentro de la lactación. Esto no impide una correcta valoración del efecto de los tratamientos/lote puesto que siempre hay un lote testigo.

La leche del muestreo pre-experimental presentó un menor porcentaje de materia seca en todos los lotes. El contenido en materia seca se incrementó a lo largo de la lactación y fue similar en todos los lotes durante C1 y C2. Tan solo con la excepción del lote planta al 25%, en el que se observó un menor porcentaje de materia seca, ocasionado por el descenso en el porcentaje de grasa. De este modo, el extracto seco magro se comportó igual en todos los lotes. Por el contrario, el contenido en cenizas fue superior en el muestreo pre-experimental en todos los lotes en comparación con los resultados obtenidos en las pruebas posteriores.

Por lo que respecta al resto de variables, los valores obtenidos de proteína bruta, proteína verdadera, caseína, lactosa y extracto seco magro aumentaron en todos los lotes a lo largo de la lactación, salvo en el caso de la proteína del suero, cuyo porcentaje no presentó diferencias significativas dentro de un mismo lote a lo largo de la lactación, siendo significativamente inferior en el lote alimentado con brácteas en comparación con el resto de lotes en los dos porcentajes de inclusión realizados. En general, la leche de cabra alimentada con brácteas tiene un contenido en proteínas (bruta, verdadera, caseína y suero) inferior al resto de lotes, pero se requieren de más estudios para valorar la relevancia de estos resultados. Anteriores trabajos han evaluado la aptitud tecnológica de esta leche sin encontrar diferencias significativas, por tanto, en este estudio consideraremos irrelevante este menor contenido en proteína.

Tabla 11. Composición media de la leche de cabra por tratamiento y lote, expresada en porcentaje del total de componentes en leche fresca de tanque

LOTE	TRATAMIENTO	GRASA	PROTEÍNA BRUTA	PROTEÍNA VERDADERA	CASEÍNA	PROTEÍNA SUERO	LACTOSA	MATERIA SECA	EXTRACTO MAGRO SECO	CENIZAS
TESTIGO	PRE-EXP.	4,376 ± 0,74	3,914 ± 0,21	3,616 ± 0,19	3,067 ± 0,16	0,549 ± 0,03	3,917 ± 0,05	12,849 ± 0,85	8,994 ± 0,23	0,642 ± 0,06
	C1	5,777 ± 0,28	4,329 ± 0,08	3,982 ± 0,07	3,454 ± 0,06	0,528 ± 0,01	4,207 ± 0,02	14,769 ± 0,32	9,650 ± 0,09	0,456 ± 0,02
	C2	5,615 ± 0,37	4,365 ± 0,11	4,014 ± 0,09	3,498 ± 0,08	0,517 ± 0,02	4,310 ± 0,03	14,758 ± 0,43	9,818 ± 0,11	0,468 ± 0,03
BRÁCTEAS	PRE-EXP.	4,862 ± 0,74	3,705 ± 0,21	3,431 ± 0,19	2,919 ± 0,16	0,512 ± 0,03	3,879 ± 0,05	13,079 ± 0,85	8,768 ± 0,23	0,633 ± 0,06
	C1 (12,5%)	5,797 ± 0,28	4,136 ± 0,08	3,812 ± 0,07	3,323 ± 0,06	0,489 ± 0,01	4,227 ± 0,02	14,589 ± 0,32	9,519 ± 0,09	0,429 ± 0,02
	C2 (25%)	5,982 ± 0,33	4,148 ± 0,09	3,822 ± 0,08	3,354 ± 0,07	0,468 ± 0,02	4,322 ± 0,02	14,876 ± 0,38	9,664 ± 0,01	0,424 ± 0,03
PLANTA	PRE-EXP.	4,930 ± 0,74	3,812 ± 0,21	3,526 ± 0,19	3,024 ± 0,16	0,501 ± 0,03	3,979 ± 0,05	12,981 ± 0,85	9,000 ± 0,23	0,660 ± 0,06
	C1 (12,5%)	5,821 ± 0,28	4,221 ± 0,08	3,887 ± 0,07	3,376 ± 0,06	0,512 ± 0,01	4,193 ± 0,02	14,699 ± 0,32	9,553 ± 0,09	0,463 ± 0,02
	C2 (25%)	5,014 ± 0,33	4,268 ± 0,09	3,928 ± 0,08	3,398 ± 0,07	0,530 ± 0,02	4,312 ± 0,02	14,030 ± 0,38	9,716 ± 0,10	0,436 ± 0,03

Los resultados obtenidos en nuestro estudio son similares a los reflejados por otros autores con respecto a la leche de cabra de la raza Murciano-Granadina. Falagán & Mateos (1996) cuantificaron unos porcentajes promedio de grasa de un 5,2% y del 3,3% en proteínas. El contenido medio de grasa es próximo a los resultados obtenidos en nuestro estudio, pero el porcentaje en proteínas referido por ellos es entre 0,4-1% inferior a nuestros resultados.

Por otro lado, Acero *et al.* (2000) obtuvieron los siguientes porcentajes promedio: Grasa 5,11% (4,74-5,60%); proteína bruta 3,7% (4,01-3,58%); lactosa 5,14% (5,28-5%); materia seca 14,73% (15,52-14,03%) y extracto medio seco 9,63% (9,92-9,29%). La comparación con los resultados obtenidos en nuestro estudio indican unos porcentajes similares en cuanto al contenido en grasa, proteína (ligeramente superior en nuestro estudio), materia seca (nuestro estudio presenta resultados inferiores en los muestreos pre-experimentales superiores al 1%) y extracto magro seco. En el caso de la lactosa sí que se observan diferencias entre ambos estudios, ya que nuestro contenido en lactosa es inferior en aproximadamente el 1% en todos los controles y lotes. A pesar de esta diferencia, la variación más grande entre ambos estudios se encuentra en la evolución de estos componentes mayoritarios durante la lactación. Nuestro estudio presenta un incremento de los valores de proteína, lactosa, extracto seco magro y materia seca (salvo en planta al 25%) en todos los lotes, mientras que los resultados de Acero *et al.* (2000) muestran un descenso del porcentaje en grasa, proteína, lactosa, materia seca y extracto seco magro a lo largo de la lactación. Para valorar estas diferencias en la evolución sería necesario conocer los meses exactos desde el inicio de la lactación en que se realizaron ambos estudios, así como la estación del año y disponibilidad de alimento pues son otros factores que afectan a la composición de la leche.

4.2 DETERMINACIÓN DEL PERFIL LIPÍDICO DE LA LECHE DE CABRA

En este TFG, y para facilitar la presentación y discusión de resultados, se han organizado los ácidos grasos totales en función de su longitud, estableciéndose un total de 2 grupos:

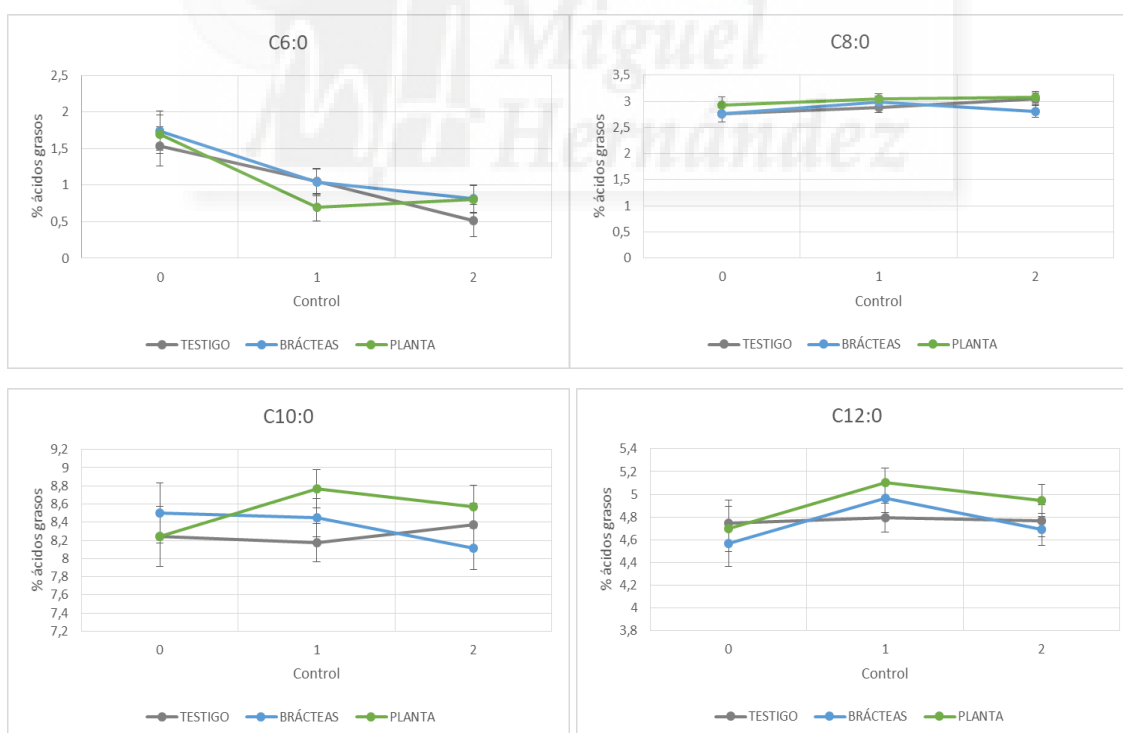
- Ácidos grasos de cadena corta y media

- Ácidos grasos de cadena larga
 - Ácidos grasos con menos de 18 átomos de carbono
 - Ácidos grasos con 18 o más átomos de carbono

El perfil de ácidos grasos obtenido para todas las muestras analizadas es habitual en leche de cabra, a continuación se presentan los resultados.

4.2.1 ÁCIDOS GRASOS DE CADENA CORTA Y MEDIA

Los ácidos grasos de cadena corta y media comprenden a todos los ácidos grasos que contengan 12 o menos átomos de carbono en su molécula. La evolución de estos ácidos grasos a lo largo de los dos tratamientos y su significación se recopilan en la gráfica 3 y tabla 12 respectivamente. La leche de cabra contiene entre un 1-2% de ácido butírico (C4:0) que no será considerado en el presente estudio debido a que con los medios disponibles no puede separarse con nitidez del frente de solvente. El ácido mayoritario es el C10:0, seguido por el C12:0, C8:0 y por último el C6:0.



Gráfica 3. Evolución de los ácidos grasos de cadena corta y media de los lotes en los diversos controles realizados. El valor indicado corresponde al porcentaje de cada ácido graso en el perfil total de ácidos grasos de la leche. C1: 12,5% de subproducto de alcachofa; C2: 25% de subproducto de alcachofa.

Tabla 12. Significación del efecto de las variables lote, control y su interacción en el contenido (%) de cada ácido graso (C6:0, C8:0, C10:0 y C12:0) en el perfil total de ácidos grasos. Significación de la comparación entre medias evaluada mediante Procedimiento Lineal General (PROC GLM, SAS).

	LOTE	CONTROL	LOTE * CONTROL
C6:0	NS	**	NS
C8:0	NS	NS	NS
C10:0	NS	NS	NS
C12:0	NS	NS	NS

NS: No significativo ($p > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Los resultados de nuestro estudio indican que la inclusión de brácteas y planta de alcachofa en una concentración del 12,5% y 25%, no modificó el contenido de los ácidos grasos de cadena corta y media dentro del perfil total de ácidos grasos de la leche de cabra. El estado de lactación sí afectó, de modo que el ácido caproico (C6:0) fue mayor en el control pre-experimental en todos los lotes, por lo que se observa una disminución de su contenido a lo largo de la lactación.

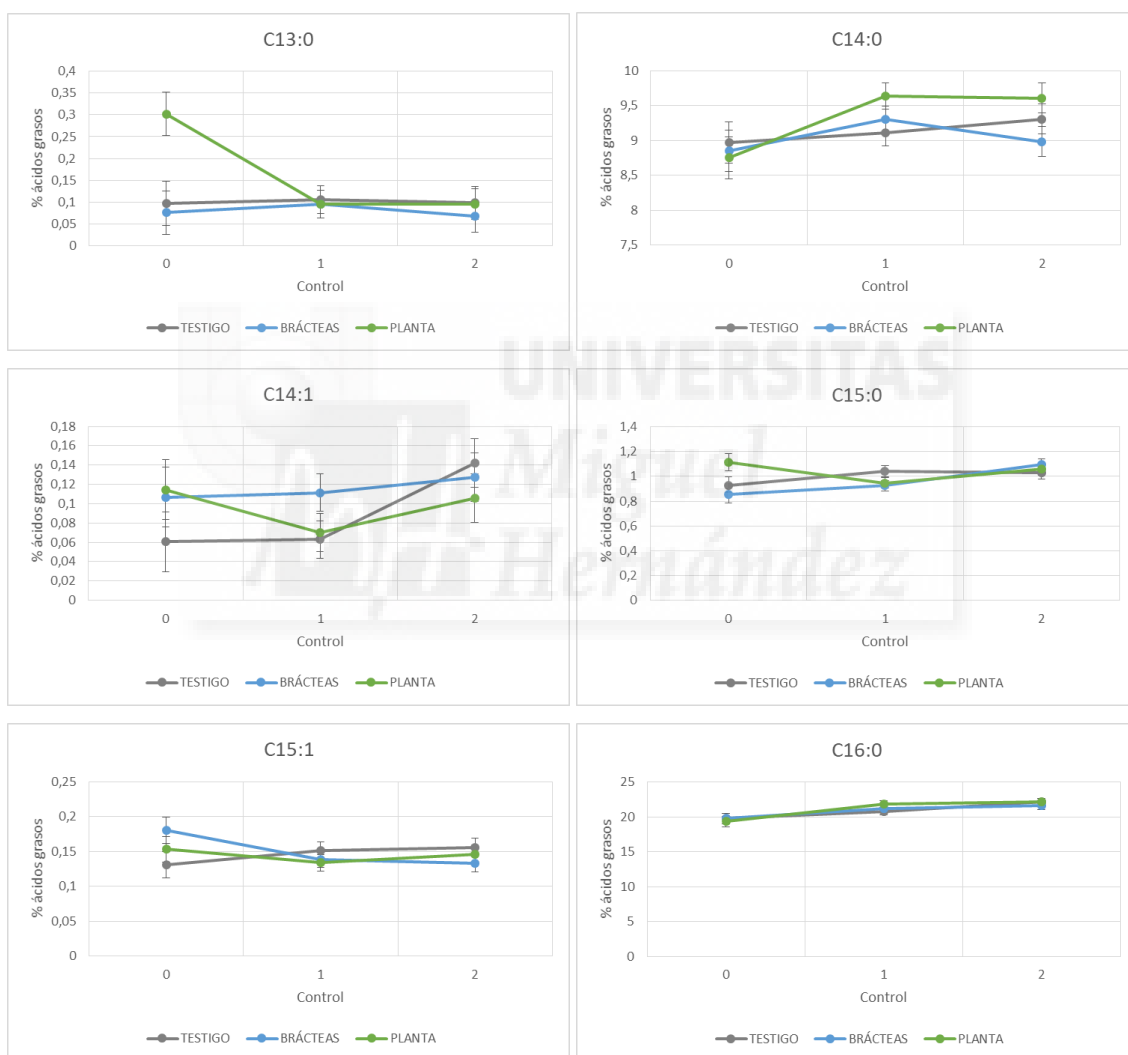
Estudios de otros autores con inclusión de semillas de chía, no mostraron modificaciones en el perfil de ácidos grasos de cadena corta (Schentlino *et al.*, 2017), en cambio Martínez (2013) observó un descenso de aproximadamente el 1% de ácido cáprico (C10:0) (Mártinez, 2013). La incorporación de chia, según estos autores no interfiere en el mecanismo de síntesis de ácidos grasos de menos de 8 átomos de carbono (Martínez, 2013). En el mismo sentido, Delgado-Pertíñez, Gutiérrez-Peña, Mena, Fernández-Cabanás, & Laberye, (2013) afirmaron que los ácidos grasos de cadena corta no eran influenciados por el nivel de inclusión de pasto en la dieta, pero sí por el avance de la lactación. En nuestro estudio tampoco se han visto modificaciones en estos ácidos grasos por la inclusión de subproductos de alcachofa.

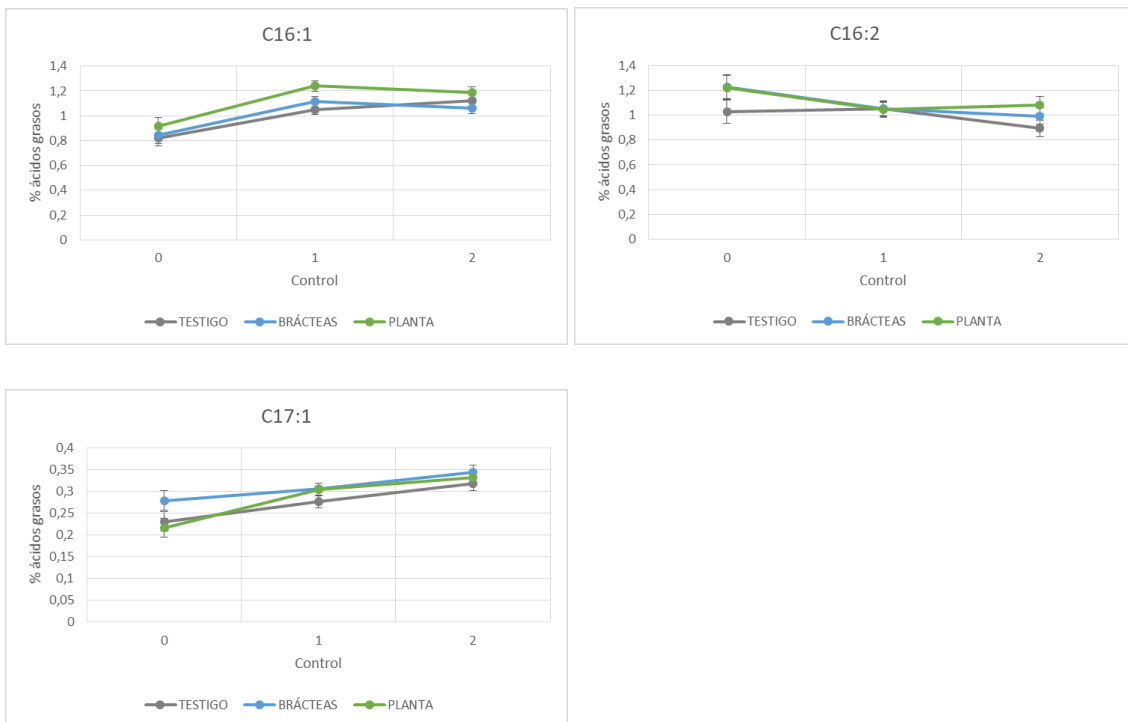
4.2.2 ÁCIDOS GRASOS DE CADENA LARGA

Los ácidos grasos de cadena larga se han clasificado en 2 subgrupos dependiendo de la longitud de su cadena, dividiéndose a partir de los ácidos grasos que presenten un número igual o superior a los 18 átomos de carbono.

4.2.2.1 ÁCIDOS GRASOS DE CADENA LARGA CON MENOS DE 18 ÁTOMOS DE CARBONO

La evolución de este subgrupo de ácidos grasos, así como la significación de los resultados están recopilados en las gráfica 4 y tabla 13 respectivamente. En este grupo el ácido graso mayoritario es el C16:0 seguido por sus formas insaturadas que constituyen más del 95% de todos los ácidos de este grupo.





Gráfica 4. Evolución de los ácidos grasos de cadena larga (C13:0, C14:0; C14:1; C15:0, C15:1; C16:0, C16:1; C16:2, C17:1) de los lotes en los diversos controles realizados. El valor indicado corresponde al porcentaje de cada ácido graso en el perfil total de ácidos grasos de la leche. C1: 12,5% de subproducto de alcachofa; C2: 25% de subproducto de alcachofa.

Tabla 13. Significación del efecto de las variables lote, control y su interacción en el contenido (%) de cada ácido graso (C13:0, C14:0; C14:1; C15:0, C15:1; C16:0, C16:1; C16:2, C17:1) en el perfil total de ácidos grasos. Significación de la comparación entre medias evaluada mediante Procedimiento Lineal General (PROC GLM, SAS).

	LOTE	CONTROL	LOTE * CONTROL
C13:0	*	NS	NS
C14:0	NS	NS	NS
C14:1	NS	NS	NS
C15:0	NS	NS	NS
C16:0	NS	**	NS
C16:1	*	**	NS
C16:2	NS	NS	NS
C17:1	NS	**	NS

NS: No significativo ($p > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

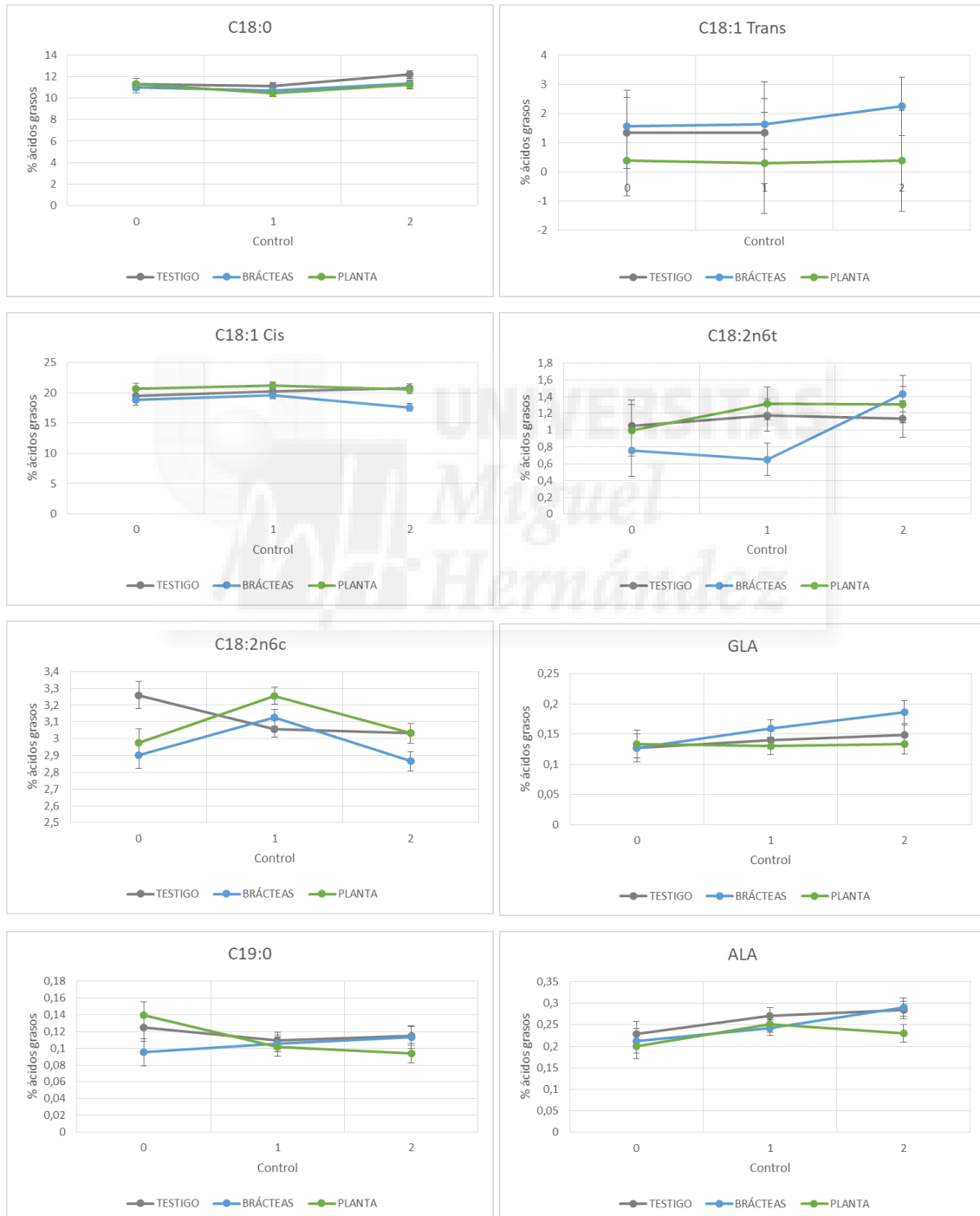
En este caso, se observaron diferencias significativas entre los lotes en el contenido de C13:0, pero esta diferencia se debe exclusivamente a los resultados obtenidos en el muestreo pre-experimental del lote planta, cuyo resultado se desvía considerablemente del resto. Debido a que las cantidades detectadas de este ácido graso son muy pequeñas y no se le puede considerar un ácido graso mayoritario, así como que su significación se asocia a valores desviados en el muestreo pre-experimental se coindiderará su significación como irrelevante.

Por lo que respecta al C16:1, su contenido es mayor en el lote alimentado con planta de alcachofa. Este ácido graso monoinsaturado aumenta su contenido en animales en pastoreo y bajo producción ecológica según Jahreis, Fritsche & Steinhart (1997). Otros sistemas de alimentación, como la incorporación de semillas de chía, no modifican su contenido (Schettino *et al.*, 2017). Además de los cambios asociados al lote, el ácido graso C16:1, así como el ácido palmitico (C16:0) y el C17:1 presentaron un incremento en su porcentaje a lo largo de la lactación. El resto de ácidos grasos de este subgrupo (C14:0, C14:1, C15:0 y C16:2) no fueron modificados significativamente por la inclusión de brácteas y planta de alcachofa en la alimentación ni por variaciones relacionadas con el proceso de lactación.

Según diversos autores, la suplementación de C16:0 en la dieta de caprino ocasiona un aumento del contenido de este ácido graso y de C16:1 en menor medida, ocasionando a su vez un descenso del contenido en ácidos grasos de media, así como del contenido en ácido oleico (C18:1). Este efecto también se observa con la suplementación de C18:0, que reduce el contenido en ácidos grasos de cadena media y de C16:0. Es por ello, que se puede afirmar que la suplementación y fortificación del contenido en determinados ácidos grasos ocasiona una modificación en otros ácidos grasos (Chilliard *et al.*, 2003). En nuestro caso la dieta apenas ha modificó el contenido en C16:1 mientras que el resto permaneció inalterado.

4.2.2.2 ÁCIDOS GRASOS DE 18 O MÁS ÁTOMOS DE CARBONO

Los resultados obtenidos sobre la evolución y significación de los tratamientos realizados para este subgrupo se recopilan en la gráfica 5 y la tabla 14. De este grupo el ácido graso mayoritario fue el C18:1cis, seguido por el C18:0 y el C18:2n6c, que suponen más del 95% del total de ácidos de este grupo.





Gráfica 5. Evolución de los ácidos grasos de cadena larga (C18:0, C18:1 Trans; C18:1 Cis; C18:2n6t, C18:2n6c, GLA, C19:0, ALA; CLA 9n11t, CLA 10n12t, C20:0, C20:1, C21:0, C20:4, C20:5, C22:1, C22:6) de los lotes en los diversos controles realizados. El valor indicado corresponde al porcentaje de cada ácido graso en el perfil total de ácidos grasos de la leche. C1= 12,5% de subproducto de alcachofa; C2= 25% de subproducto de alcachofa.

Tabla 14. Significación del efecto de las variables lote, control y su interacción en el contenido (%) de cada ácido graso (C18:0, C18:1 Trans; C18:1 Cis; C18:2n6t, C18:2n6c, GLA, C19:0, ALA; CLA 9n11t, CLA 10n12t, C20:0, C20:1, C20:4, C20:5) en el perfil total de ácidos grasos. Significación de la comparación entre medias evaluada mediante Procedimiento Lineal General (PROC GLM, SAS).

	LOTE	CONTROL	LOTE * CONTROL
C18:0	NS	*	NS
C18:1 Trans	NS	NS	NS
C18:1 Cis	*	NS	NS
C18:2n6t	NS	NS	NS
C18:2n6c	*	**	*
GLA	NS	NS	NS
C19:0	NS	NS	NS
ALA	NS	*	NS
CLA 9c11t	NS	**	NS
CLA 10c12t	*	**	NS
C20:0	NS	NS	NS
C20:1	NS	NS	NS
C21:0	NS	NS	NS
C20:4	NS	**	NS
C20:5	NS	NS	NS
C22:1	NS	NS	NS
C22:6	NS	NS	*

NS: No significativo ($p > 0,05$); * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

ALA: Ácido alfa-linolénico; CLA: Ácido linoleico conjugado; GLA: Ácido gamma-linolenico.

La evaluación del resto de ácidos grasos mostró que la inclusión de subproductos de alcachofa modificó el contenido de los ácidos grasos oleico (C18:1 cis), C18:2n6c y CLA 10c12t en el perfil de ácidos grasos totales.

En el caso del C18:1, su porcentaje descendió con la inclusión de brácteas al 25% en la alimentación, mientras que en el resto de lotes el porcentaje se mantiene estable o se observa una ligera tendencia ascendente como en el caso del lote testigo. Por lo que respecta al C18:2n6c, la inclusión de brácteas y planta en la alimentación mostró una evolución distinta al lote testigo. La incorporación de subproductos al 12,5% incrementó el porcentaje de este ácido graso al porcentaje más elevado en ambos lotes, reduciéndose su contenido con la inclusión del 25% de subproducto en comparación al 12,5 %. En los dos tipos de tratamiento el porcentaje el C18:2n6c fue superior en planta que en brácteas. El lote testigo presentó el porcentaje más elevado en el control pre-experimental. Por último, para el CLA 10c12t, se observó un descenso de un contenido en todos los lotes durante los controles, siendo su contenido mayor en el lote planta en los muestreos pre-experimentales y con la inclusión de subproducto al 25%.

Algunos estudios han mostrado que la forma en la que se administra la alimentación a las cabras puede influenciar en el perfil de determinados ácidos grasos. La incorporación de semillas de canola protegidas en cabras ocasionó el incremento de ácido oleico (C18:1), ácido linolénico (C18:2) y ALA, mientras que el aceite de canola sin recubrimiento ocasionó el incremento del ácido esteárico (C18:0) y del C18:1 trans. La causa de esta diferencia está asociada a la protección de los ácidos grasos en el rumen, donde se produce la hidrogenación parcial o total de los ácidos grasos insaturados. Es por ello que en multitud de estudios donde se hayan incorporado suplementos lipídicos sin protección se haya incrementado el contenido de C18:0 y C18:1 a expensas de C16:0 y ácidos grasos de cadena media, es necesario destacar el papel diferenciador que y de calidad de éstos últimos confieren a los productos lácteos caprinos (Chilliard *et al.*, 2003).

Otros estudios han indicado que la incorporación de aceite de pescado ocasionó un ligero aumento de los ácidos grasos omega-3, aunque deben administrarse en una

forma que evite que se hidrogenen y puedan ocasionar una reducción en el rendimiento y en el contenido de grasas y proteínas (Park *et al.* 2007).

Por último, se debe destacar que el contenido en C18:1 trans no se ha podido cuantificar en algunas de las muestras a lo largo de los controles realizados durante los distintos niveles de inclusión. La leche contiene cantidades minoritarias de diversos isómeros de C18:1, en ocasiones no todos se separan del C18:1cis9 que es el mayoritario, la columna cromatográfica de que disponemos (30 metros) no siempre permite una separación adecuada de ambos picos dado que el C18:1 9c es de gran tamaño y los demás son muy pequeños. Esto ocasiona que a pesar de que gráficamente se observen diferencias entre los lotes, los resultados obtenidos muestren grandes desviaciones que dificultan la evaluación de los resultados, se requieren más estudios, en particular con mayor inclusión de subproductos para evaluar con mayor fiabilidad el efecto de estos subproductos en el perfil lipídico de la leche.

4.3.2 ESTUDIO DEL PERFIL DE ACIDOS GRASOS TOTALES AGRUPADOS POR GRADO DE INSATURACIÓN

Hemos visto que hay escasas diferencias en el contenido individual de ácidos grasos, ahora bien, es necesario evaluarlo de nuevo agrupándolos en función de su grado de insaturación pues diversas fórmulas matemáticas se han propuesto como estimadoras de la bondad de los productos grasos para la salud (ratio PUFA/MUFA, omega 3/Omega 6, entre otros). En nuestro caso calcularemos el índice de aterogenicidad (ATI) según Ulbricht & Southgate (1991). Este índice es más favorable cuanto más bajo es el valor calculado. La tabla 15 recopila los resultados obtenidos en los análisis del perfil de ácidos grasos totales de la leche de cabra agrupados según el número de insaturaciones, así como el contenido total de CLA y el índice ATI.

Tabla 15. Efecto de la inclusión de subproductos de alcachofa al porcentaje de SFA, MUFA, PUFA, CLA total y cálculo del índice de aterogeneidad (ATI).

LOTE	TRAT.	SFA	MUFA	PUFA	CLA TOTAL	ATI
TESTIGO	PRE-EXP.	58,831 ± 1,54	22,268 ± 0,62	6,080 ± 0,27	1,153 ± 0,11	4,540
	12,5%	59,499 ± 0,97	22,259 ± 0,39	6,120 ± 0,17	1,139 ± 0,07	4,768
	25%	61,800 ± 1,09	22,691 ± 0,44	5,845 ± 0,19	0,887 ± 0,08	5,049
BRÁCTEAS	PRE-EXP.	58,625 ± 1,54	21,952 ± 0,62	5,706 ± 0,27	1,448 ± 0,11	4,664
	12,5%	59,827 ± 0,97	22,705 ± 0,39	5,622 ± 0,17	1,175 ± 0,07	5,001
	25%	59,853 ± 1,09	21,020 ± 0,44	5,914 ± 0,19	0,866 ± 0,08	5,340
PLANTA	PRE-EXP.	58,888 ± 1,54	22,622 ± 0,62	5,845 ± 0,27	1,216 ± 0,11	4,303
	12,5%	60,804 ± 0,97	23,209 ± 0,39	6,481 ± 0,17	1,218 ± 0,07	4,861
	25%	61,951 ± 1,09	22,542 ± 0,44	5,973 ± 0,19	0,939 ± 0,08	5,284

SFA: C6:0 + C8:0 + C10:0 + C12:0 + C13:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C18:0 + C19:0 + C20:0 + C21:0

MUFA: C14:1 + C15:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1 Cis + C18:1 Trans, C20:1 + C22:1

PUFA: C16:2 + C18:2n6c + C18:2n6t + GLA + ALA + CLA 9c11t + CLA 10c12t + C20:4 + C20:5 + C22:6

CLA TOTAL: CLA 9c11t + CLA 10c12t

ATI = Índice Aterogénico [(C12:0 + 4C14:0 + C16)/(PUFA + MUFA)(C12:0 + 4C14:0 + C16)/(PUFA + MUFA)]
Ulbricht & Southgate, 1991)

Los resultados obtenidos indican que la inclusión de bracteas y planta de alcachofa en una concentración del 12,5% y 25%, no modificó el contenido de los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados agrupados dentro del perfil total de ácidos grasos de la leche de cabra. El contenido en SFA mostró una ligera tendencia a aumentar a lo largo de la lactación, mientras que el contenido en MUFA y PUFA se mantuvieron estables durante la misma.

Por lo que respecta al contenido total de CLA, los resultados muestran como su porcentaje se reduce en todos los lotes a lo largo de la lactación, por lo que se puede afirmar que es un compuesto cuyo contenido es significativamente afectado por la evolución de la lactación.

En último lugar, el ATI se incrementó a lo largo de la lactación, obteniéndose índices más elevados cuanto mayor era el porcentaje de subproductos introducidos en la alimentación. Este índice está basado en la relación del contenido de ácidos grasos con capacidad de aumentar los niveles de colesterol sérico como son el ácido láurico (C12:0),

ácido mirístico (C14:0) y ácido palmítico (C16:0) y el contenido en ácidos grasos con acción protectora (MUFA y PUFA, con excepción de los formas trans) (Ulbricht & Southgate, 1991). Cuanto mayor sea el valor del índice en los ácidos grasos, mayor será su potencial de obstrucción de las arterias y presentará una mayor relación con la aparición de enfermedades cardiovasculares (Castro-Bolaños, Herrera-Ramirez & Lutz-Cruz, 2005).

Otros autores han observado que una alimentación basada en leguminosas y un 40% de gramíneas presentó un contenido en grasa superior en un grupo de cabras en pastoreo en comparación con el grupo testigo alimentado con heno. Entre los ácidos grasos que se afectaron significativamente destacan el C18:0, C18:1 cis, CLA, así como el total de MUFA y PUFA (Morand-Fehr, Fedele, Decandia & Le Frileux, 2007). Este resultado es respaldado por Park *et al.* 2007 y Silanikove *et al.*, 2010, que observaron que la incorporación de semillas oleaginosas o suplementos de aceite ricos en PUFA, así como una alimentación basada en el pasto habían sido eficaces para enriquecer el contenido total de CLA (sobre todo CLA 9c11t) en la leche de cabra, reduciéndose en forma general el contenido en SFA e incrementando el de MUFA Y PUFA, por lo que se produjo una reducción significativa en el índice aterogénico. En nuestro caso se requieren más estudios para valorar correctamente la modificación del índice ATI en función de la incorporación de subproductos (el aumento máximo detectado es del 6% para un 25 % de inclusión de ambos subproductos). En caso de confirmarse este aumento sería recomendable suplementar las dietas con estos subproductos con semillas de oleaginosas para compensar el aumento de ATI.

5. CONCLUSIONES

Composición de la leche de tanque:

- Los componentes mayoritarios de la leche no se ven afectados por la inclusión de 12,5 y 25% de brácteas y planta de alcachofa en dietas isoenergéticas e iso-proteicas. Tan solo la inclusión de un 25% de planta ocasiona un descenso del contenido graso de la leche.

Perfil total de ácidos grasos totales de la leche de tanque:

- La inclusión de brácteas y planta de alcachofa al 12,5 y 25 % en la dieta de cabras Murciano-Granadinas no provoca cambios relevantes en el perfil de ácidos grasos totales de la leche. Tan solo el contenido en C16:1, C18:1cis, C18:2n6c y CLA 10c12t sufren ligeras variaciones de contenido con una significación del 95%. Las variaciones apunta a un se necesitan estudios con una mayor inclusión de subproductos para determinar si dichos subproductos son capaces de modificar de forma significativa y favorable (aumento de CLA favorecido por la inclusión de planta de alcachofa) o desfavorable (índice de aterogenicidad menor en lote testigo)
- La modificación del perfil graso que se produce con la evolución de la lactación provoca un incremento en el índice de aterogenicidad de la grasa de la leche que afecta a todos los tratamientos.

La inclusión de subproductos de brácteas y planta de alcachofa hasta un 25 por cien en la dieta de caprino lechero permite obtener leche de composición general y perfil de ácidos grasos totales muy similares al testigo permitiendo abaratar los costes de alimentación. Es necesario realizar estudios con una mayor inclusión de subproducto para potenciar el aprovechamiento de subproductos locales, abaratar los costes de alimentación y conocer el efecto de estos subproductos en la calidad de la leche.

6. BIBLIOGRAFÍA

Acero, M.P., López, M. B., Garrido, M.D., García, R.M. & Consuegra, A.J. (2000). Estudio de la calidad y aptitud tecnológica de la leche de cabra en la provincia de Almería. *Mamitis y calidad de leche*. Murcia: Diego Marín. 251-259.

Alais, C. (1988). *Ciencia de la leche: Principio de la técnica lechera*. (A. Lacasa, Teans.). México: Continental (Trabajo original publicado en 1970).

Arab-Tehrany, E., Jacquot, M., Gaiani, C., Imran, M., Desobry, S. & Linder, M. (2012). Beneficial effects and oxidative stability of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids. *Trends in Food Science & Technology*, 25(1), 24-33.

BEDCA (2017). Base de datos. Disponible en: <http://www.bedca.net/bdpub/index.php>

Bonilla, W., Cofré, P., González, J., Janh, E., Larraín, G., Ovalle, C. & Velasco, R. (2001). Producción de cabras lecheras. [Libro electrónico]. Chillón, Chile. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR28591.pdf>

Castro-Bolaños, M., Herrera-Ramírez, C. & Lutz-Cruz, G. (2005). Composición, caracterización y potencial aterogénico de aceites, grasas y otros derivados producidos o comercializados en Costa Rica. *Acta Médica Costarricense*, 47(1), 36-42

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

Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., & Lamberet, G. (2003). A Review of Nutritional and Physiological Factors Affecting Goat Milk Lipid Synthesis and Lipolysis. *Journal Of Dairy Science*, 86(5), 1751-1770.

M. Debbabi, et al., Comparison of the effects of major fatty acids present in the Mediterranean diet (oleic acid, docosahexaenoic acid) and in hydrogenated oils (elaidic acid) on 7-ketocholesterol-induced oxiaoptophagy in microglial BV-2 cells, *Chem. Phys. Lipids* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2017.04.002>

Delgado-Pertíñez, M., Gutiérrez-Peña, R., Mena, Y., Fernández-Cabanás, V. & Laberye, D. (2013). Milk production, fatty acid composition and vitamin E content of Payoya goats according to grazing level in summer on Mediterranean shrublands. *Small Ruminant Research*, 114(1), 167-175.

Falagán, A. & Mateos, E. (1996). Capítulo VIII: La producción de leche de cabra. En C. Buxadé. *Zootecnia: Bases de producción animal. Tomo IX* (pp. 133-143). Madrid, España. Mundiprensa.

FAO. (2016). El sector lechero mundial: Datos. Disponible en: <http://www.dairydeclaration.org/Portals/153/FAO-Global-Facts-SPANISH-F.PDF?v=1>

Haenlein, G. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51(2), 155-163.

Jahreis, G., Fritsche, J. & Steinhart, H. (1997). Conjugated linoleic acid in milk fat: High variation depending on production system. *Nutrition Research*, 17(9), 1479-1484.

Jandal, J.M. (1996). Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 22(2), 177-185.

Kholif, A., Gouda, G., Morsy, T., Salem, A., Lopez, S. & Kholif, A. (2015). *Moringa oleifera* leaf meal as a protein source in lactating goat's diets: Feed intake, digestibility, ruminal fermentation, milk yield and composition, and its fatty acids profile. *Small Ruminant Research*, 129, 129-137.

Martínez-Ferez, A., Rudloff, S., Guadix, A., Henkel, C., Pohlentz, G., Boza, J., Guadix, E. & Kunz, C. (2006). Goats' milk as a natural source of lactose-derived oligosaccharides: Isolation by membrane technology. *International Dairy Journal*, 16(2), 173-181.

Martínez, G.M. (2013). Ensayo exploratorio: obtención de leche caprina funcional a partir de la suplementación con *Salvia hispanica* (Chía). *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 39(3), 305-311.

Martínez-García, R., Villegas-Aparicio, Y., Fuentes-Mascorro, G., Pérez-León, M. I. & Jerez-Salas, M.P. (2014). Influencia de la estación del año, la raza y el número de parto, en la calidad y cantidad de leche en cabras semiestabuladas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(2), 309-313.

MAPAMA. (2016). El sector del ovino y caprino de leche en cifras: Principales indicadores económicos, septiembre 2016. Disponible en:

<http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/ovino-caprino/leche-de-oveja-y-cabra/>

Mataix, J., García, L., Mañas, M., Martínez, E. & Llopis, J. (2009). *Tabla de composición de alimentos*. 5ª Ed. Granada, España. Universidad de Granada

MERCASA. (2017). Alimentación en España, producción, industria, distribución y consumo 2016. 19ª ed (2016/2017). [libro electrónico]. Madrid: Mercasa-Distribución y consumo. Disponible en: http://www.mercasa-ediciones.es/alimentacion_2016/index.html

Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M. & Le Frileux, Y. (2007). Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68(1-2), 20-34.

Moreiras, O. Carbajal, A. Cabrera, L. & Cuadrado, C. (2013). *Tabla de composición de alimentos*. 16 Ed. Madrid, España: Piramide

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

Poudyal, H., Panchal, S., Ward, L. and Brown, L. (2013). Effects of ALA, EPA and DHA in high-carbohydrate, high-fat diet-induced metabolic syndrome in rats. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 24(6), 1041-1052.

Romeu-Nadal, M., Morera-Pons, S., Castellote, A. & López-Sabater, M. (2004). Comparison of two methods for the extraction of fat from human milk. *Analytica Chimica Acta*, 513(2), 457-461.

Salvador, A. & Martínez, G. (2007). Factores que Afectan la Producción y Composición de la Leche de Cabra: Revisión Bibliográfica. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 48(2), 61-76.

Sáyago-Ayerdi, S. G., Vaquero, M. P., Schultz-Moreira, A., Bastida, S., & Sánchez-Muniz, F. J. (2008). Utilidad y controversias del consumo de ácidos grasos de cadena media sobre el metabolismo lipoproteico y obesidad. *Nutrición Hospitalaria*, 23(3), 191-202.

Schettino, B., Vega, S., Gutiérrez, R., Escobar, A., Romero, J., Domínguez, E. & González-Ronquillo, M. (2017). Fatty acid profile of goat milk in diets supplemented with chia seed (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Dairy Science*, 100(8), 6256-6265.

Serafeimidou, A., Zlatanov, S., Laskaridis, K. & Sagredos, A. (2012). Chemical characteristics, fatty acid composition and conjugated linoleic acid (CLA) content of traditional Greek yogurts. *Food Chemistry*, 134(4), 1839-1846.

Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U. & Prosser, C. (2010). Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. *Small Ruminant Research*, 89(2-3), pp.110-124.

Trigueros, L. & Sendra, E. (2015). Fatty acid and conjugated linoleic acid (CLA) content in fermented milks as assessed by direct methylation. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 315-319.

Organización interprofesional láctica (InLac) (2016). El sector Lácteo en España: Datos de producción, industria y consumo (2008-2015). 1º Ed [Libro electrónico]. Madrid. Disponible en:

http://inlac.es/admin/uploads/files/id_20173418_Infornesocioeconomicoinlac20.09.16.pdf

Ulbricht, T. & Southgate, D. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338(8773), 985-992.

Varman, A. & Sutherland, J. (1995). *Leche y productos lácteos: Tecnología, química y microbiología*. (R.M. Oria, Trans.). Zaragoza, España: Acribia (Trabajo original publicado en 1994).

Vega, S., Gutiérrez, R., Radilla, C., Radilla, M., Ramírez, A., Pérez, J., Schettino, B., Ramírez, M., Ortiz, R. and Fontecha, J. (2012). La importancia de los ácidos grasos en la leche materna y en las fórmulas lácteas. *Grasas y Aceites*, 63(2), 131-142

Walstra, P., Geurts T.J., Noomen, A., Jellema, A. & Van Boekel (2001). *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. (R.M. Oria, Trans.). Zaragoza, España: Acribia (Trabajo original publicado en 1999).