

**Universidad Pública de Navarra**

*Nafarroako Unibertsitate Publikoa*

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN*

**DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

**Efecto de la introducción de semillas oleaginosas en la dieta de ovejas de raza Latxa en la producción de leche**

Presentado por

Aitor Jauregui Lusarreta (e)k

*Aurkeztua*

MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

*UNIBERTSITATE MASTERRA NEKAZARITZA INGENIARIZTAN*

SEPTIEMBRE, 2021 / 2021, IRAILA

Autoriza la entrega del Trabajo Final de Máster:

**Efecto de la introducción de semillas oleaginosas en la dieta de ovejas  
de raza Latxa en la producción de leche**

Realizado por:

**Aitor Jauregui Lusarreta**

Vº Bº del Director del Trabajo Final del Máster:

Firmado: **Kizkitza Insausti Barrenetxea**

Fecha: ...10.../...09.../...2021.../

---

---

## Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecer al Departamento de Producción Animal de Neiker por darme la oportunidad de realizar este trabajo de fin de Master con ellos y ayudarme con los problemas y dudas que me han ido surgiendo, en especial doy las gracias a Roberto y Josune por la ayuda en la fase de experimentación y en el posterior análisis de datos.

Gracias también a todos los socios del proyecto NUTFOOD por darme la oportunidad de participar en este proyecto. También quisiera agradecerles a Nora y al equipo de METABOLOMIPs (UPV/EHU) por la ayuda con el análisis del perfil de ácidos grasos.

Desde la Universidad Pública de Navarra, gracias a Kizkitza, por creer y ayudarme en este trabajo.

A mi aita, ama, hermana y amigos por el respaldo recibido a lo largo de toda mi carrera académica, y a Irati que estos últimos años me ha apoyado y ayudado.

Finalmente, quisiera hacer una mención especial a Nerea, directora de este trabajo, que además también estuvo conmigo en el trabajo de fin de grado y ha sido un apoyo en mis últimos años de formación como ingeniero agrónomo, mila esker niregaitik egin duzun guztiagaitik.

---

---

## Resumen

En los últimos tiempos las Enfermedades Crónicas No Trasmisibles se están convirtiendo en un problema de salud pública en todo el mundo. Algunos achacan este problema al elevado consumo de carne y productos de origen animal, con altos niveles de ácidos grasos saturados. Es por ello que un amplio nicho de la población está empezando a reducir su consumo de carne y además está poniendo el foco en aquellos productos que garanticen el bienestar animal.

Con el objetivo de dar un impulso a la producción animal mediante productos con un perfil nutricional más saludable nace el proyecto NUTFOOD. Su objetivo principal es “investigar sobre el impacto beneficioso que podría tener en la salud de las personas el consumo de alimentos (cárnicos/lácteos) con calidad nutricional mejorada a través de la alimentación de los animales en origen, mediante la incorporación en su dieta de aceites o tortas de oleaginosas ricas en omega-3 y de producción local”.

El presente estudio se centra en el primer paso del proyecto NUTFOOD, el cual es identificar la semilla oleaginosa que produce un mejor perfil nutricional en la leche de ovejas Latxa, sin dejar de lado el efecto sobre los parámetros zootécnicos. Para ello se llevó a cabo un ensayo en el que se formuló pienso con torta prensada en frío de semillas de oleaginosas (lino, girasol y colza) para alimentación de ovejas de leche y se comparó con un grupo alimentado con pienso comercial (control).

De acuerdo a los resultados, las ovejas alimentadas con pienso control presentaron significativamente mayor producción de leche diaria junto a las alimentadas con colza mientras que las ovejas alimentadas con torta de lino presentaron los valores más bajos. Al corregir la producción lechera con su contenido de grasa y proteína, la cantidad de leche corregida fue similar para todos los grupos. Respecto a la composición de la leche, las ovejas alimentadas con torta de girasol y colza presentaron los valores más altos de MG, MP y ESM.

En relación a la composición de la grasa, los grupos alimentados con semillas de oleaginosas presentaron un perfil de ácidos grasos más saludable que el grupo control, y un valor de índice aterogénico inferior al control. Por último, la leche de ovejas alimentadas con torta de lino presentó los valores significativamente más altos de CLA (c9-t11 y CLA totales) y de AGPI (C18:3-c9c12c15; AGPI totales y n3), así como el valor significativamente más bajo de n6/n3.

---

## Abstract

In recent times, non-transmissible chronic diseases are becoming a public health problem throughout the world. Some people attribute this problem to the high consumption of meat and animal products, with high levels of saturated fatty acids. That is why a wide niche of the population is beginning to reduce its consumption of meat and is also focusing on products that guarantee animal welfare.

NUTFOOD project was born with the aim of boosting animal production through products with a healthier nutritional profile. The main aim of the project is “*to investigate the beneficial impact of the consumption of nutritionally improved food (meat / dairy) obtained by feeding livestock with locally produced oils or oilseed cakes rich in omega-3*”.

The present study focuses on the first step of the NUTFOOD project, which is to identify the oilseed that produces a better nutritional milk profile in Latxa sheep with a better nutritional profile, without neglecting the effect on zootechnical parameters. With this aim, a test was carried out in which different concentrates were formulated with cold pressed oilseed cakes (flax, sunflower and rapeseed) for feeding dairy sheep and it was compared with a group fed with commercial concentrate (control).

According to the results, ewes fed with control concentrate showed significantly higher daily milk production together with those fed with rapeseed cake, while those that were fed with flax cake showed the lowest values. When correcting this milk production with its fat and protein content, the corrected milk production was similar for all groups. Regarding the composition of the milk, sheep fed with sunflower and rapeseed cake showed the highest values of MG, MP and ESM in milk.

In relation to the fat profile of the milk, groups fed with oilseeds showed a healthier fatty acid profile and a lower value of the atherogenic index compared to the control group. Finally, the milk of sheep fed with flax cake showed the highest values of CLA (c9-t11 and total CLA) and PUFA (C18: 3-c9c12c15; total PUFA and n3), as well as the lowest value of n6 / n3.

---

---

## Contenido

1.	Introducción .....	1
2.	Antecedentes .....	4
2.1.	Proyecto NUTFOOD.....	4
2.2.	Sistema de producción de la oveja Latxa .....	5
2.3.	Mejora de producción.....	7
2.4.	Alimentación convencional de los rebaños de oveja Latxa.....	8
2.5.	Características de la leche y el queso, y su relación con la salud.....	9
2.6.	Mejora del perfil de ácidos grasos de la leche mediante semillas oleaginosas	12
3.	Objetivos .....	15
4.	Material y métodos.....	16
4.1.	Material animal .....	16
4.2.	Ración y características de la dieta.....	16
4.2.1.	Piensos.....	16
4.2.2.	Forrajes.....	18
4.3.	Parámetros a analizar .....	19
4.3.1.	Peso vivo y condición corporal .....	19
4.3.2.	Producción de leche diaria y Leche diaria corregida.....	19
4.3.3.	Perfil de ácidos grasos .....	20
4.4.	Análisis estadístico.....	22
4.4.1.	Producción de leche diaria .....	23
4.4.2.	Producción de leche corregida diaria y composición de la leche .....	23
4.4.3.	Perfil de ácidos grasos .....	24
5.	Resultados y discusión .....	25
5.1.	Peso vivo y condición corporal .....	25
5.2.	Producción de leche diaria .....	26
5.3.	Producción de leche corregida diaria .....	28
5.4.	Perfil de ácidos grasos.....	33
5.5.	Consideraciones finales.....	38
6.	Conclusión.....	40
7.	Bibliografía.....	41
7.1.	Documentos editados .....	41
7.2.	Portales/sitios web.....	45

---

---

## Índice de tablas

Tabla 1: Composición (%) de la leche de diferentes especies. (Fuente: Sampelayo et al., 2003) .....	9
Tabla 2: Valores medios y desviación estándar de los parámetros analizados para la conformación de los grupos. CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino.....	16
Tabla 3: Porcentaje de las diferentes materias primas utilizadas en la formulación de cada uno de los piensos del ensayo. CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino. ....	17
Tabla 4: Valores medios y desviación estándar del porcentaje de MS, Cenizas, MG, MP y FB respecto a la MS de los piensos de cada grupo. CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino. ....	18
Tabla 5: Valores medios y desviación estándar del porcentaje de MS, Cenizas, GB, MP y FB respecto a la MS de los forrajes administrados. ....	18
Tabla 6: PLd (kg/d) de cada grupo a lo largo de las diferentes semanas del ensayo). CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino.....	27
Tabla 7: Valores medios y desviación estándar de PLcd, MG, MP, LA, ESM y urea de los diferentes grupos del ensayo. CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino.....	28
Tabla 8: PLcd, MG, MP, urea, LA y ESM y el p valor de cada uno según el efecto del lote y de la semana. CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino.....	31
Tabla 9: Lsmean de los AG y sus interacciones analizadas y el valor p de cada uno según el efecto del lote y de la semana. CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino. ....	35

---

---

## Índice de figuras

Figura 1: 10 principales causas de muertes en 2016 (Fuente: OMS, 2018).....	1
Figura 2: Pirámide de la Alimentación Saludable. Fuente: Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC).....	2
Figura 3: Imagen de ovejas de raza LCN de la CAV pastando (Fuente: CONFELAC).....	6
Figura 4: Imagen de una oveja de raza LCR con una cría (Fuente: CONFELAC).....	6
Figura 5: Lactación tipo (120 días) media anual de las poblaciones de LCR de la CAV y Navarra.....	8
Figura 6: Semillas de Lino.....	12
Figura 7: Semillas de Girasol.....	12
Figura 8: Calificación visual y descriptiva de la puntuación de la CC para las ovejas.....	19
Figura 9: Media del PV de cada grupo al inicio y al final del ensayo.....	25
Figura 10: Media de CC de cada grupo al inicio y al final del ensayo.....	26
Figura 11: Evolución de la media de PL de cada grupo a lo largo de las diferentes semanas del ensayo.....	26
Figura 12: Contenido medio de MG de cada grupo a lo largo de los 4 días de muestreo.....	29
Figura 13: Contenido medio de MP de cada grupo a lo largo de los 4 días de muestreo.....	29
Figura 14: Contenido medio de ESM de cada grupo a lo largo de los 4 días de muestreo. .....	30
Figura 15: Contenido medio de lactosa de cada grupo a lo largo de los 4 días de muestreo. .....	30
Figura 16: Contenido medio de urea de cada grupo a lo largo de los 4 días de muestreo.....	31
Figura 17: Porcentajes de AGS, AGMI y AGPI de los grupos del ensayo.....	34



---

---

## Lista de abreviaturas

AG: Ácidos Grasos

AGI: Ácidos Grasos Insaturados

AGMI: Ácidos Grasos Monoinstaurados

AGPI: Ácidos Grasos Poliinsaturados

AGS: Ácidos Grasos Saturados

CAV: Comunidad Autónoma Vasca

CC: Condición Corporal

CLA: Ácido Linoleico Conjugado

CO: grupo de ovejas alimentado con torta de Colza

CONFELAC: Confederación de Asociaciones de Criadores de Ovino de razas Latxa y Carranzana

CTR: grupo de ovejas alimentado con pienso comercial-Control

DOP: Denominación de Origen Protegida

ECNT: Enfermedades Crónicas No Trasmisibles

ESM: Extracto Seco Magro

GI: grupo de ovejas alimentado con torta de Girasol

IA: Inseminación Artificial

LCN: Latxa cara negra

LCR: Latxa Cara Rubia

LI: grupo de ovejas alimentado contorta de Lino

MF: Materia Fresca

MG: Materia Grasa

MP: Materia Proteica

MS: Materia Seca

OMS: Organización Mundial de la Salud

PLd: Producción de Leche diaria

PLc: Producción de Leche corregida

PLcd: Producción de Leche corregida diaria

PV: Peso vivo

SNOVO: Síntesis de novo

# 1. Introducción

Hoy en día, la alta tasa de obesidad en el mundo y los crecientes problemas de salud derivados de hábitos de consumo inapropiados es un hecho real (Branca et al., 2017). En Euskadi, el 95% de las Enfermedades Crónicas No Trasmisibles (ECNT) están relacionadas, entre otras, con los hábitos de consumo poco saludables y la presencia de sustancias tóxicas en los alimentos (Informe del Departamento de Salud del Gobierno Vasco, 2017). Estas ECNT se han convertido en un gran problema en el mundo, ya que tal y como señala la Organización Mundial de la Salud (OMS), casi las dos terceras partes de muertes que se produjeron en el mundo en el año 2016 fueron debidas a ECNT, principalmente cardiovasculares, seguidas de cáncer, enfermedades respiratorias y diabetes (Figura 1) (OMS, 2018).

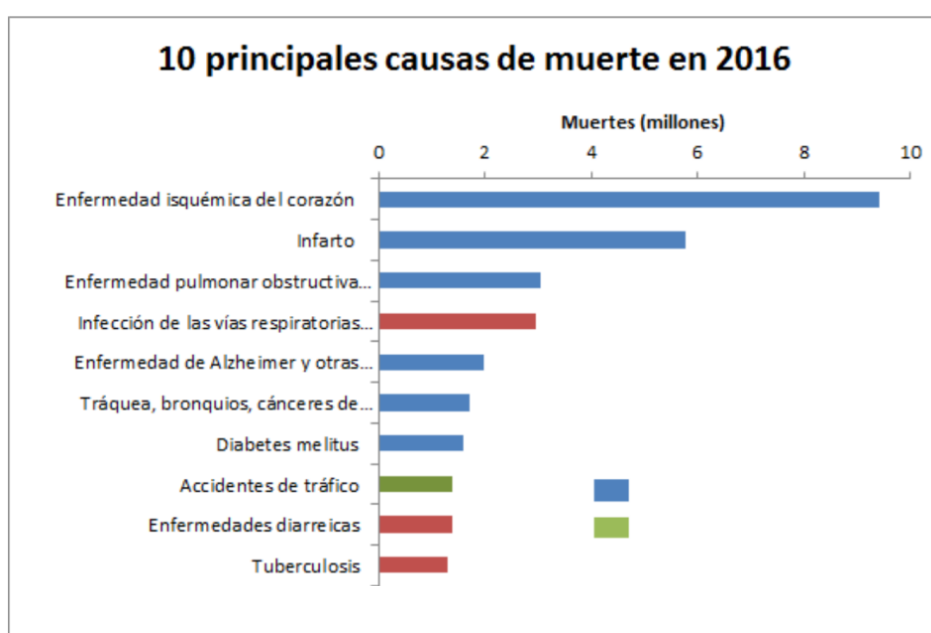


Figura 1: 10 principales causas de muertes en 2016 (Fuente: OMS, 2018).

La obesidad es otro de los grandes retos a nivel mundial, ya que es una de las consecuencias más visibles e inmediatas de los trastornos alimenticios, y es que en Europa se prevé que en 2025 una quinta parte de la población padezca obesidad (Pineda et al., 2016).

Dentro de este marco, el Departamento de Salud del Gobierno Vasco puso en marcha el Plan de Salud 2013-2020, el cual busca establecer objetivos relacionados con la alimentación saludable, principalmente con la disminución del consumo de sal, grasas y azúcares añadidos.

En cuanto a lo que se considera una alimentación saludable, la OMS da una serie de consejos (OMS, 2018):

- Mantener una dieta variada siguiendo las indicaciones de la pirámide nutricional (Figura 2), ya que ningún alimento tiene todos los nutrientes necesarios.
- Comer al menos 5 porciones de frutas verduras y hortalizas al día.
- Reducir el consumo total de grasa a menos del 30% de la ingesta calórica diaria, concretamente que las grasas saturadas constituyan menos del 10%, las grasas *trans*

menos del 1% y sustituir en la medida de lo posible estas por grasas no saturadas en particular grasas poliinsaturadas.

- Reducir la ingesta de sal a menos de 5 gramos diarios y escoger productos con menor contenido en sodio.
- Reducir la ingesta de azúcares libres a menos del 10% de la ingesta calórica diaria, incluso reducirla a menos del 5% ya que podría aportar beneficios adicionales.

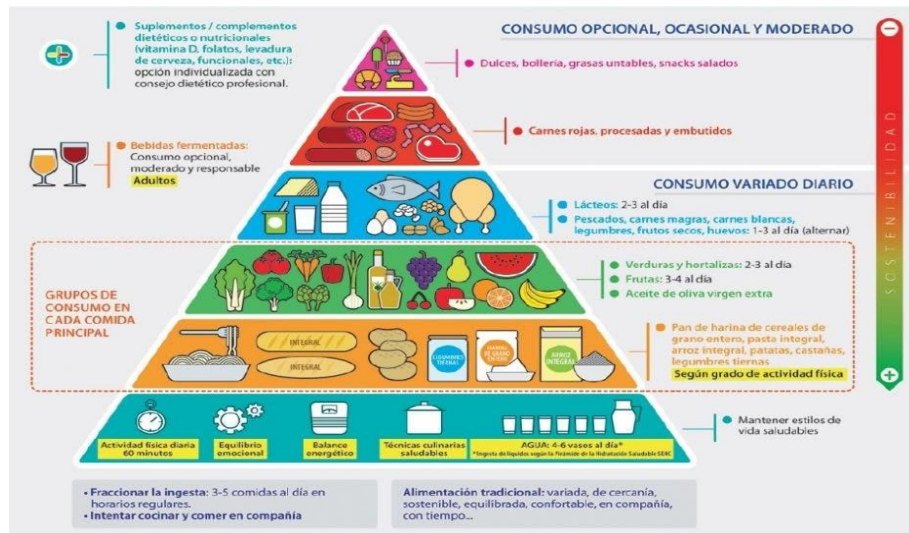


Figura 2: Pirámide de la Alimentación Saludable. Fuente: Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC).

Teniendo en cuenta todo esto, no cabe duda, que uno de los aspectos clave para mantener la salud de la población es la producción de alimentos de calidad y la implantación de buenos hábitos alimentarios, reduciendo así las ECNT asociadas a la alimentación y sus consecuencias socio-sanitarias y económicas.

En los últimos tiempos, los hábitos de consumo de algunos sectores de la población han ido cambiando, incrementándose la demanda de alimentos nutritivos y saludables con niveles bajos en azúcar, sal y grasa (Vidal, 2018). Los productos *ligh*t, libres de grasas saturadas o grasas *trans*, con probióticos, tienen un especial interés, buscando la disminución de las enfermedades de origen cardiovascular. Además, la producción de alimentos de origen animal, así como su consumo, cada vez están más cuestionados, ya que se asocian a efectos perjudiciales para la salud. Este hecho puede comprometer la sostenibilidad y viabilidad de muchas explotaciones ganaderas. A todo esto se suma una mayor conciencia por parte de los consumidores con las formas de producción de los alimentos que consumen (modos de cría de los animales, salida al pasto, etc.) y una mayor sensibilización con el bienestar animal (tipo de estabulación, cargas ganaderas (hacinamiento), condiciones ambientales, acceso a parques o salida, etc.). En este sentido, parte de la población tiende al consumo de alimentos ecológicos (bajo la certificación de Ecolurra-ENEK), alimentos producidos en base a pasto (iniciativas como *La carne de pasto*<sup>1</sup> o *Leche de pastoreo Celta*<sup>2</sup>) y cada vez son más las etiquetas de certificación de bienestar animal que aparecen en los productos que consumimos (Ferrer, 2019; CEC, 2009).

<sup>1</sup> <https://www.lacarnedepasto.com/>

<sup>2</sup> <https://www.lechecelta.com/vive-celta/alimentacion-calidad/leche-de-pastoreo-fresca-que-es-y-diferencias>

---

A todo lo anteriormente citado se le añade una creciente conciencia medioambiental por parte de la sociedad, la cual también afecta a la hora de hacer la compra. Así, y ha quedado muy evidenciado con la alerta sanitaria debida a la COVID, se han activado la compra de productos de cercanía y km0 en las tiendas de barrio o por venta directa del productor (EIT-Food, 2020). Estas tendencias también han ido calando en la manera de producir, tanto por el efecto las nuevas tendencias del consumidor como por la propia iniciativa de los productores. De esta manera, se ha empezado a dar un valor añadido al origen y a la calidad de las materias primas empleadas en las dietas de los animales de los que luego obtenemos leche y carne para consumo, trasladando el refrán que dice “somos lo que comemos” también a los animales.

En este contexto se crea el proyecto NUTFOOD, el cual busca un equilibrio entre la salud de las personas y el consumo de alimentos de origen animal dentro de una alimentación variada y saludable, impulsando la actividad ganadera y la alimentación de los animales con materias primas locales y saludables.

---

---

## 2. Antecedentes

### 2.1. Proyecto NUTFOOD

NUTFOOD es el acrónimo del proyecto titulado “Investigación y desarrollo de productos cárnicos y lácteos con efectos beneficiosos para la salud mediante la alimentación de animales con semillas oleaginosas” (Programa Elkartek 2020 del grupo SPRI<sup>3</sup>).

Como se ha mencionado en el apartado de Introducción, este proyecto nace en un contexto social en el cual es necesario incorporar alimentos saludables y nuevos hábitos de consumo en la sociedad para poder mitigar el deterioro de la salud de las personas por medio de la alimentación. La innovación del proyecto está en el foco que se pone sobre la alimentación animal saludable, la cual se traducirá en materias primas (lácteas y cárnicas) y sus derivados (productos saludables) para el consumo humano. A su vez, el proyecto trata de fortalecer el sector ganadero y agrícola local e impulsar explotaciones ganaderas sostenibles y mercados de economía circular y km0.

El objetivo principal del proyecto NUTFOOD definido en su memoria es el de *“investigar sobre el impacto beneficioso que podría tener en la salud de las personas el consumo de alimentos (cárnicos/lácteos) con calidad nutricional mejorada a través de la alimentación de los animales en origen, mediante la incorporación en su dieta de aceites o tortas de oleaginosas ricas en omega-3 y de producción local”*.

Para cumplir con este objetivo general se plantean unos objetivos específicos mediante los cuales se pretende completar toda la cadena de valor, partiendo de la alimentación animal, pasando por la elaboración de derivados (lácteos y cárnicos), hasta llegar a llevar a cabo un ensayo clínico para ver el efecto de la inclusión en la dieta de estos alimentos saludables sobre la salud humana.

Para ello, en primer lugar, se desarrollarán nuevas fórmulas de piensos para los animales y se estudiará la alimentación animal mediante el uso de semillas oleaginosas de producción local, intentando mejorar el perfil nutricional de la leche y la carne obtenida y sus derivados (cárnicos y lácteos).

En segundo lugar, se va a llevar a cabo la caracterización nutricional de estos alimentos (cárnicos y lácteos) y se comprobará si en los alimentos “prototipo” elaborados se mantiene la calidad nutricional y sensorial de la materia prima de partida.

Por último, se van a estudiar los posibles efectos beneficiosos que podría acarrear la incorporación de estos productos en el marco de una dieta saludable en la salud humana mediante la realización de ensayos clínicos nutricionales.

Las especies animales con las que se va a trabajar en el proyecto NUTFOOD son la ovina y la porcina, de las cuales se va a obtener leche y carne, respectivamente, y mediante el procesado de estos se van a realizar los diferentes productos elaborados tanto frescos como curados (queso y yogur de oveja, hamburguesa y chorizo de cerdo) y los ensayos clínicos correspondientes para testar su efecto en algunos parámetros de salud humana.

---

<sup>3</sup> <https://www.spri.eus/es/>

---

El socio del proyecto que se va a encargar del estudio de la producción de productos de origen animal es Neiker, donde actualmente trabajo bajo una beca de tecnólogo concedida por el Gobierno Vasco (Resolución de 2 de abril de 2020, del Director de Calidad e Industrias Alimentarias, por la que se resuelve la convocatoria de becas de formación de investigadores y tecnólogos en el entorno científico-tecnológico y empresarial del sector agropesquero y alimentario vasco, para el ejercicio 2020). Es por todo ello, que se considera interesante vincular el trabajo de fin de master universitario de Ingeniería Agronómica por la UPNA con el primero de los objetivos del proyecto NUTFOOD.

Así, este trabajo fin de master se enmarca en el primero de los objetivos de NUTFOOD, es decir, en la alimentación de ovejas de leche con el uso de tortas prensadas en frío provenientes de semillas oleaginosas de producción local, con el objetivo de mejorar el perfil nutricional de la leche y los derivados lácteos obtenidos (yogur y queso).

## 2.2. Sistema de producción de la oveja Latxa

La raza Latxa es una raza autóctona del Comunidad Autónoma Vasca (CAV) y Navarra, donde actualmente se concentra la mayoría de su población. El prototipo racial de la oveja Latxa se caracteriza por una cabeza de tamaño medio con un perfil frote-nasal recto o ligeramente subconvexo, orejas de longitud media móviles y proyectada hacia delante. Las extremidades son de tamaño medio, con nalgas y muslos poco musculados. Presentan buenos aplomos. La mama globosa y bien desarrollada está desprovista de lana y generalmente cuenta con pezones simétricos, moderadamente divergentes y proyectados hacia delante. El vellón abierto, cubre el tronco, el cuello y a veces la cabeza, formando la llamada moña. La parte distal de las extremidades queda libre de lana y un dato característico es la línea que presenta el vellón a lo largo de la columna vertebral dividiendo el vellón en dos partes simétricas. La lana es basta y larga. Dentro de la raza se pueden encontrar dos variedades, la Latxa cara negra (LCN) (Figura 3) y la Latxa cara rubia (LCR) (Figura 4), las cuales se diferencian por la coloración de la cabeza y las extremidades, que en las LCN va desde el marrón oscuro al negro y en las LCR varía entre el rojo y el blanco con matices rubios. No obstante las características funcionales y productivas son muy similares (Muñoz, 2003). Es una raza de oveja de aptitud lechera, no obstante también se obtienen otros productos como corderos lechales y lana (Muñoz, 2003), aunque el valor económico de estos no es muy alto y está teniendo una tendencia a la baja en la actualidad.



**Figura 3: Imagen de ovejas de raza LCN de la CAV pastando (Fuente: CONFELAC).**



**Figura 4: Imagen de una oveja de raza LCR con una cría (Fuente: CONFELAC).**

El sistema de producción de la oveja Latxa está muy ligado a la tierra y a los pastos de la zona y es un sistema que en gran medida se basa en el aprovechamiento de recursos locales, ya sea mediante el pastoreo de valle y/o monte (Marijuán et al., 1996) o mediante la elaboración de forrajes conservados de la propia explotación. Esto hace que los sistemas de producción estén condicionados por los aspectos ambientales y agro-climáticos de cada zona, lo que se traduce en una gran diversidad de sistemas de producción. Así, se pueden encontrar rebaños muy dispares en cuanto a tamaño, manejo, infraestructuras disponibles, plan de mejora genética y rentabilidad (Ruiz et al., 2002).

Ligado a esto, Ruiz (1999) identificó 4 tipologías de producción definidas a partir de la distribución de los partos. En estas cuatro tipologías de rebaño, se diferenciaban dos con una distribución de partos amplia y un periodo de paridera largo, y otras dos con una distribución de



partos más concentrados y una paridera más corta. Los rebaños con una amplia distribución de partos tendían a una mayor intensificación de la producción, manteniéndose más tiempo en las zonas de valle, cubriendo las corderas a menor edad, destetándolas antes y alargando el periodo de lactación. Los rebaños con la distribución de los partos más concentrados en cambio, mostraban un carácter más estacional y tradicional, con una mayor presencia en los pastos de montaña y un sistema de explotación más extensivo. En cualquier caso, y tal y como se detalla en el apartado 2.4, las cuatro tipologías tiene un periodo de estabulación más o menos amplio asociado a la producción de leche con ingestión de cantidades más o menos importantes de forrajes conservados y concentrados (Mandaluniz et al, 2018).

Desde los centros de gestión, para los índices técnico-económicos, la clasificación que utilizan para las explotaciones de ovino lechero es de explotaciones “queseras” y “lecheras”. Las denominadas “queseras” son los pastores que elaboran queso en la propia explotación con leche de sus ovejas y las denominadas “lecheras” son las que venden su leche a la industria. En algunos casos hay explotaciones mixtas, que en algunos periodos venden leche y en otros elaboran su propio queso.

En cuanto al censo de las ovejas, se pueden dividir en 4 grupos, por un lado las LCR y LCN de la CAV y por otros las LCR y LCN de Navarra. En la CAV, en el año 2020 había un total de 19.251 ovejas (50 rebaños) LCR y 26.570 ovejas (80 rebaños) LCN en el libro genealógico, frente a las 21.305 ovejas (42 rebaños) LCR y 15.303 ovejas (41 rebaños) LCN que había en Navarra, es decir, un total de 46.648 ovejas en la CAV y un total de 36.608 en Navarra (Datos facilitados por las Asociación Ardiekin, 2020).

### 2.3. Mejora de producción

En cuanto a la producción de leche de los rebaños de oveja Latxa cabe destacar el gran papel que ha tenido el programa de mejora genética y selección llevada a cabo por la Confederación de Asociaciones de Criadores de Ovino de razas Latxa y Carranzana (CONFELAC) y el comienzo del programa de control lechero en el año 1982. Desde entonces, y a pesar de las diferentes tipologías de rebaños, la productividad y la eficiencia de los rebaños se ha visto incrementada.

Durante 30 años (desde 1990 hasta 2020) la producción media de los rebaños de LCN de la CAV se ha visto incrementada de los 118 litros/año a 190 litros/año. En concreto, en los rebaños que realizan inseminación artificial (IA) pasaron de los 115 litros/año a 205 litros/año y en los rebaños de élite (los 10 rebaños en los que se ha trabajado haciendo una selección genética más intensa criando un porcentaje elevado de corderas procedentes de IA) de 125 litros/año a 235 litros/año, con un aumento continuo de toda la población de 2,5 litros/año y 4,1 litros/año en los rebaños de élite. En cuanto a los rebaños de la CAV y Navarra de LCR este incremento ha sido todavía mayor en el mismo periodo (1990-2020), con un aumento de producción que pasa de los 115 litros/año a los 210 litros/año para toda la población, de 125 litros/año a 225 litros/año para los rebaños que utilizaron IA y de 125 litros/año a 275 litros/año para los rebaños élite, con un aumento continuo de toda la población de 2,15 litros/año y 4,9 litros/año en los rebaños élite (Figura 5) (Ardiekin, 2020).

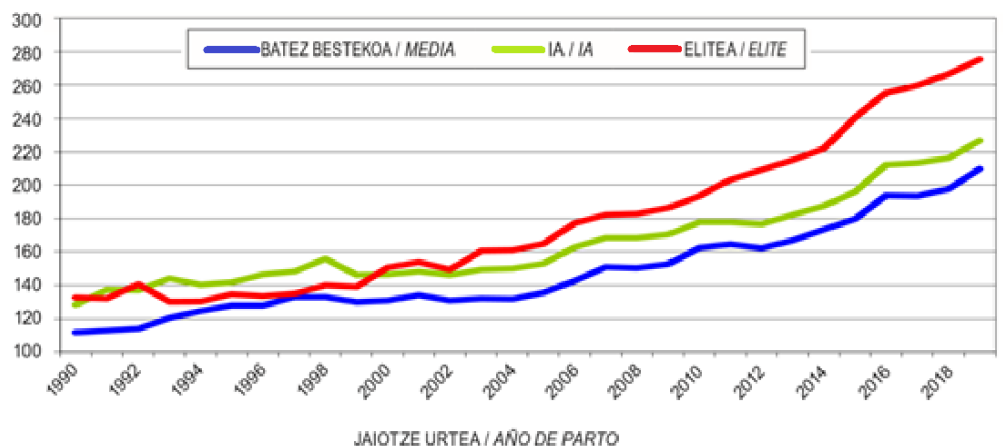


Figura 5: Lactación tipo (120 días) media anual de las poblaciones de LCR de la CAV y Navarra.

Paralelamente al incremento en la producción, ha habido una mejora en la calidad de la misma y sus derivados y en muchos casos las explotaciones tratan de dar un valor añadido al producto y a su comercialización para tener una mayor rentabilidad (Ruiz et al., 2011). El claro ejemplo de esto es el queso producido bajo la Denominación de Origen Protegida (DOP) “Idiazabal”, un producto tradicional de la zona comprendida por el País Vasco y Navarra elaborado con leche cruda de oveja de las razas Latxa y Carranzana. Se trata de un queso de pasta prensada y de una maduración mínima de 60 días, el cual después de este periodo de tiempo obtiene una serie de características organolépticas que lo distinguen de otros quesos similares.

## 2.4. Alimentación convencional de los rebaños de oveja Latxa

Este aumento de la producción también ha traído consigo un aumento de las necesidades nutricionales de las ovejas y una cierta intensificación de los rebaños. Esto hace necesaria una suplementación en pesebre durante gran parte de la lactación, tanto en época de estabulación como en época de pastoreo, cuando las necesidades de las ovejas son mayores (Hassoun & Bocquier, 2007).

Los meses de verano y otoño, la mayor parte de los rebaños basan su alimentación en pastoreo, tanto en valle como en monte. No obstante, durante el invierno y primavera, coincidiendo con la época de partos y lactación se combina el pastoreo con la suplementación a base de concentrados y forrajes.

En cuanto a los forrajes, el más utilizado es el heno de hierba de la propia explotación con un 86% de uso; no obstante el heno de alfalfa (36%), el heno de veza (22%) y el silo de hierba de la propia explotación (22%), también constituyen un aporte importante de las explotaciones, sobre todo en época de grandes necesidades como el inicio-pico de lactación. El aporte de estos forrajes junto al pastoreo representan el  $83 \pm 6\%$  de la materia seca (MS) ingerida por las ovejas a lo largo de un año, el resto lo constituye el aporte de concentrados (Mandaluniz et al., 2018).

Los concentrados utilizados varían dependiendo de la explotación y el sistema de producción, no obstante, el empleado para la lactación es el más común, seguido del pienso de

mantenimiento y del aporte de cereales (avena y cebada principalmente, seguido de maíz) (Ruiz et al., 2019).

Estos concentrados habitualmente están compuestos por diferentes materias primas, estabilizadores de la flora intestinal, oligoelementos y vitaminas. Las materias primas más comunes en la formulación de piensos suelen ser una mezcla de diferentes cereales como cebada y maíz. El aporte proteico principal tiene origen en la harina de extracción de soja tostada y el aporte de grasa principalmente suele ser aceite vegetal de palma. No obstante, dependiendo de la explotación ganadera y el momento productivo de los animales, la formulación de estos concentrados puede ser muy diferente.

## 2.5. Características de la leche y el queso, y su relación con la salud

La leche de oveja es una de las leches con contenidos más elevados de materia grasa (MG) y materia proteica (MP) de los rumiantes de abasto, con más del doble de MG que la leche de vaca y cerca del doble de MP. Los valores medios son de 7,00 % MG y 5,98% MP (Sampelayo et al., 2003).

**Tabla 1: Composición (%) de la leche de diferentes especies. (Fuente: Sampelayo et al., 2003)**

	<b>Cabra</b>	<b>Oveja</b>	<b>Humana</b>	<b>Vaca</b>
Sólidos totales	12,97	19,30	12,50	12,01
Grasa	4,14 (31,92)	7,00 (36,27)	4,38 (35,04)	3,34 (27,81)
Lactosa	4,45 (34,31)	5,36 (27,77)	6,89 (55,12)	4,66 (38,70)
Proteína	3,56 (27,45)	5,98 (30,98)	1,03 (8,24)	3,29 (27,39)
Caseína	3,03 (23,36)	4,97 (25,75)	0,37 (2,96)	2,68 (22,31)
Minerales	0,82 (6,32)	0,96 (4,97)	0,20 (1,60)	0,72 (6,00)

Los valores entre paréntesis corresponden % de materia seca

La cantidad de MG y MP que contiene la leche de oveja difiere mucho de las de otros rumiantes (Tabla 1), incluso entre razas y niveles productivos, ya que el nivel de producción está inversamente relacionado con el contenido de MG y MP. Por este motivo, el contenido de MG y MP también cambia a lo largo de la curva de lactación, el cual aumenta una vez pasado el pico de lactación, donde la producción lechera empieza a disminuir (Harding, 1995). Al final de la lactación es cuando se encuentran las mayores concentraciones de MG en leche. El pico de lactación de la Latxa varía entre los 12 y 30 días según la edad de la oveja, la época de partos y los corderos por parto (Ruiz et al., 2000), y la duración total media de la lactación se sitúa en torno a los 120-150 días.

Tal y como se ha explicado previamente, la mayor parte de la leche de las ovejas de raza Latxa se transforma en queso bajo la DOP Idiazabal. Debido a ello, la relación de MG/MP, así como el contenido de MP cobran un papel fundamental, más concretamente el contenido de caseínas, que son las proteínas coagulantes y las que determinan el rendimiento quesero. Por lo

---

tanto, el contenido del extracto seco magro (ESM) de la leche es un aspecto a tener en cuenta tanto para los pastores elaboradores artesanales de queso, como para los pastores que venden la leche a la industria, ya que en el primer caso tendrán un mayor rendimiento quesero y en el segundo recibirán un plus en el precio de la leche.

La cantidad y la calidad de la MG también es un aspecto a tener en cuenta, ya que está estrechamente relacionada con la salud humana, y finalmente con las exigencias de los consumidores que ya se han mencionado al inicio del presente documento. La leche contiene un porcentaje moderado de MG (6-7%), que al transformar en queso curado DOP Idiazabal se concentra hasta un 33%. En el caso del queso “Idiazabal” el producto tiene las siguientes características nutricionales por cada 100g (queso con seis meses de maduración) (DOP Idiazabal, 2020):

- MP: 21 gramos
- MG: 33 gramos
- Sal (CINa): 1,8 gramos
- Calcio: 1.873 miligramos
- Fósforo: 817 miligramos
- Energía: 385 kilocalorías

Por lo tanto, se trata de una fuente muy importante de proteína y grasa. Además de esto, la concentración de sal que tiene por 100 g de queso constituye una parte importante del total diario recomendado (1,8 g frente a 5g). Por último, destacar que se trata de un alimento con un elevado aporte calórico.

La composición de la MG presente en la leche se ve influenciada por la alimentación que reciben de los animales (Altomonte et al., 2019; Valdivieso et al., 2016). En este sentido, en un sistema de producción como el de la oveja Latxa la composición de la leche varía a lo largo de la lactación, ya que en la mayoría de casos existe un periodo de estabulación y alimentación exclusiva en pesebre (al principio de la lactación) y un periodo de pastoreo con mayor/menor suplementación en pesebre. De acuerdo a distintos trabajos se ve una mejora de calidad en la leche, con un incremento de ácidos grasos (AG) saludables como los Omega-3 (n3), tanto en la leche como en el queso (Eguinoa y Lasarte, 2013; de Renobales et al., 2012) cuando los animales pastan.

Existen dos ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) denominados esenciales porque el organismo humano no es capaz de sintetizar, y su aporte viene de la dieta que tomamos. Se tratan del ácido linoleico y el ácido  $\alpha$ -linolénico, los cuales pertenecen a las familias Omega-6 (n6) y n3 (Rodríguez-Cruz et al., 2005). A estos AG se les conoce como ácidos grasos indispensables, y tienen diferentes efectos beneficiosos para la salud. Estos AGPI participan en el control de la expresión de genes del metabolismo de los AG y triacilgliceroles. Mediante la oxidación de los AG y la inhibición de la lipogénesis disminuyen los niveles de triacilgliceroles, principales constituyentes de la grasa corporal. También tienen efecto en el control o prevención de algunas enfermedades como diabetes mellitus, algunos tipos de cánceres, especialmente del tracto digestivo, dermatitis atópica, y obesidad. Además, también se ha visto que podrían tener efectos beneficiosos sobre el desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Rodríguez-Cruz et al., 2005). Aparte de la ingestión de estos AG concretos, la relación n6/n3 en la dieta también tiene un efecto en la salud, y hoy en día, dado los hábitos de consumo y el tipo de alimentación

---

esta se encuentra en valores muy altos, de entorno al 20:1, cuando lo recomendado estaría en torno al 1-2:1 (Gómez et al., 2011).

De la misma manera, desde el punto de vista tanto nutricional como de salud humana, el ácido linoleico conjugado (CLA) está cobrando gran importancia en los últimos años y se están llevando a cabo distintas investigaciones para estudiar los diferentes beneficios que tiene sobre la salud humana, como efectos anticancerígenos, efectos en el sistema inmune, efectos antioxidantes o efectos sobre el peso corporal (Sanhueza et al., 2002). Este AG esencial se puede encontrar en aceites vegetales en pequeñas concentraciones, no obstante, los productos obtenidos por rumiantes son también una fuente, con una concentración en leche y en carne que puede llegar a constituir un 0,65% de los lípidos totales (Sanhueza et al., 2002). Esta concentración de CLA en leche también está ligada a la alimentación de los animales. Nudda et al., (2005) encontraron que su concentración disminuía en leche de oveja según avanzaba el estado vegetativo del pasto y la composición de los AG de la hierba. Por otro lado, González-Rodríguez et al. (2009), determinaron la capacidad del pastoreo como herramienta para incrementar la concentración de CLA en leche de las vacas que pastaban, con un incremento proporcional a las horas de pastoreo.

Valdivielso et al. (2016) confirmaron esta misma tendencia en las ovejas Latxas. En un estudio llevado a cabo en el parque natural de Aralar en una explotación comercial en la que determinaron que en la época de pastoreo en monte, donde los animales permanecen más de 20 horas al día pastando en libertad, tanto la leche como el queso presentaban casi un 30% de Ácidos Grasos Insaturados (AGI). Diferentes estudios han demostrado que la composición en AG no varía entre la leche de partida y el queso con una maduración de 60 días (Addis et al., 2005) y que la concentración de CLA depende del contenido en AG de la leche sin procesar (Nudda et al., 2005).

Teniendo en cuenta el alto contenido de MG de este queso (33%), es muy importante conocer el perfil de AG del mismo, ya que es el que va a determinar el contenido de la cantidad de grasa saludable, constituida por los AGI y de grasa menos saludable, constituida por los ácidos grasos saturados (AGS). Además de la cantidad presente de estos AG, es importante conseguir una buena relación entre AGI/AGS, más concretamente entre AGPI/AGS, ya que contra mayores sean estas relaciones, más saludable se considera el contenido de grasa presente en estos alimentos. En este aspecto, en los últimos años, se ha introducido el concepto de índice aterogénico (IA) como indicador de la capacidad potencial de la grasa para producir agresiones en el endotelio de los vasos sanguíneos (Ghaeni et al., 2013)

Por lo tanto, se observa como los productos de origen animal pueden constituir una fuente importante de AG beneficiosos para la salud como el CLA, por lo que es interesante maximizar el contenido de estos, y reducir los AGS mediante la dieta de los animales (Addiset al., 2005). Teniendo en cuenta que el sistema de explotación de la Latxa se basa principalmente en el pastoreo, resulta una buena herramienta en si mismo para la mejora del perfil de AG de la leche. Pero como ya se ha mencionado anteriormente, la época de ordeño pasa por una fase de estabulación invernal, seguida de un pastoreo a tiempo parcial en los pastos primaverales de valle. En la mayoría de casos lo ingerido mediante el pastoreo no es suficiente para cubrir las necesidades y se utiliza un suplemento a base de concentrados. Por lo tanto, la formulación de concentrados con materias primas ricas en n3 y n6 es una herramienta interesante para mejorar el perfil de AG de la leche.

## 2.6. Mejora del perfil de ácidos grasos de la leche mediante semillas oleaginosas

Si se quiere obtener un incremento de AG beneficiosos para la salud humana en leche, tal y como se ha mencionado en el apartado anterior, la clave está en la formulación de las dietas de los animales, más concretamente en el tipo y la cantidad de grasa que se incorpore en la ración (Manso et al., 2016) y las propiedades de las materias primas empleadas. Lo más interesante es buscar materias primas con un contenido alto en AGI, lo que se puede encontrar en la naturaleza en diferentes semillas oleaginosas. Entre ellas, se encuentran las semillas de lino, girasol y colza (Figuras 6, 7 y 8) de las que se hablará más adelante.



**Figura 6: Semillas de Lino.**



**Figura 7: Semillas de Girasol.**



**Figura 8: Semillas de colza.**

---

No obstante, la fuente de fibra de la ración y su cantidad pueden influir también en el perfil de AG en leche como son el ácido vaccénico, los CLA y los AGPI de la serie n3 (Nudda et al., 2014), por lo que también sería un aspecto a tener en cuenta al formular la ración de los animales.

Respecto a la inclusión de semillas de oleaginosas en las dietas de los animales, la mayor parte de los trabajos se han llevado a cabo con vacas de leche. En el caso del girasol, es una de las semillas oleaginosas más extendida en el mundo. Se han llevado diferentes ensayos de inclusión en dietas de vacas, tanto para ver su efecto en la leche como en el rumen, que han demostrado que ayuda a disminuir las emisiones de metano entérico (Benhissi et al., 2014; Mohammed et al., 2011).

En cuanto a su repercusión en la composición de la leche, según Morsy et al. (2015) las dietas con semilla o aceite de girasol incrementaron la producción de leche de las vacas y el contenido de grasa de la leche. Además, en ambos casos la cantidad de AGS disminuyó y la de AGI como la de CLA aumentó, siendo este cambio más acentuado en las dietas con aceite que en las dietas con la semilla entera. En otro estudio realizado con torta de semilla prensada se observó que, al reemplazar la grasa de palma hidrogenada con torta de girasol, se consigue un perfil de AG más insaturado en la leche, sin observar un efecto perjudicial sobre la digestibilidad de la dieta, la producción de leche o la aceptación de la leche por parte de los consumidores (Goiri et al., 2019).

Otra de las semillas oleaginosas con un perfil interesante de AGPI es el lino. Goodridge et al. (2001) observaron que las dietas de lino redujeron la concentración AGS en leche de vaca e incrementó la de AGI. Este incremento fue superior en las dietas con un mayor aporte de lino, sin tener ningún efecto significativo en la producción de leche, la ingestión o la condición corporal (CC) de las vacas.

La colza es otra semilla oleaginosa con buenas propiedades desde el punto de vista del contenido de AGI. En un estudio llevado a cabo por Welter et al. (2016) se vio una reducción de AGS y de la relación n6/n3 en la leche de las vacas alimentadas con colza además de un aumento en la concentración de n3 y CLA, produciendo así una leche nutricionalmente más saludable, aunque se vio un pequeño descenso en producción.

Si se comparan los efectos de estos tres tipos de semillas incorporados como aceites sustituyendo al aceite de palma se ve como las vacas cuya leche presenta una menor concentración de AGS son aquellas que se alimentaron con la dieta de aceite de girasol, seguidas por las de lino, y las de colza (Mohammed et al., 2011). En cuanto a los niveles de CLA y ácidos grasos monoinsaturados (AGMI), los mismos autores observaron que las mayores concentraciones se dan en las vacas alimentadas con aceite de girasol seguidas por las de lino y colza. No obstante, en cuanto a las concentraciones de AGPI, los valores más altos se observaron en el grupo alimentado con lino.

En cuanto al efecto de la inclusión de este tipo de semillas en la dieta de las ovejas se han llevado a cabo diferentes ensayos con el rebaño experimental de Neiker con ovejas de raza Latxa. En un ensayo llevado a cabo por Mandaluniz et al. (2019), en el cual se sustituyó el aceite de palma y la soja de las raciones de las oveja por colza o por colza+lino, el grupo alimentado con colza presentó un aumento de producción (a diferencia del ensayo realizado por Welter et al. (2016) con vacas lecheras) mientras que el grupo colza+lino mantuvo la producción respecto al grupo control, y aumentó el contenido de proteína en leche.

---

---

Paralelamente se observó que el grupo suplementado con colza presentó una concentración de AGI de la familia n6 144% superior a las ovejas control, el grupo colza+lino 197% (Mandaluniz et al., 2018). Esto pone en evidencia la notoria mejora en el perfil de AG que tiene la inclusión de alimentos ricos en n3 y n6 en la leche de las ovejas.

En esta misma línea, un estudio llevado a cabo por Amores et al. (2014) en el que incorporaron en la dieta de ovejas Latxa torta de colza y de girasol sustituyendo un 50% y un 30% la soja, comprobaron que no había diferencias en la producción lechera o parámetros importantes para la elaboración del queso, como la relación entre el contenido de MG y el contenido de MP. Además, el uso de estas tortas en el periodo de estabulación, aumentó la concentración de AG saludables en leche, similar a la obtenida en pastoreo. Esto coincide con los resultados obtenidos por Pascual et al. (2019) que con una inclusión similar de torta de colza y girasol en el pienso concluyeron que el perfil de AG mejoraba, y vieron que la calidad del forraje y la cantidad ingerida también un papel fundamental en este aspecto. Por lo tanto, las tortas de oleaginosas prensadas en frío se pueden considerar una buena opción para mantener un perfil de AG deseables en leche, complementando a la alimentación del pasto y poder homogeneizar la composición de la leche a lo largo de toda la lactación en el sistema de producción actual de la oveja Latxa.

Además de los parámetros detallados hasta ahora en el documento, Nájera et al. (2014) concluyeron que la incorporación de semillas de oleaginosas en la dieta de las ovejas, no tiene efectos negativos en los atributos sensoriales típicos del queso DOP Idiazabal, lo cual es un aspecto muy a tener en cuenta a la hora de fomentar este tipo de dietas para los rebaños.

En resumen, la incorporación de semillas oleaginosas ricas en AGI es una buena opción para mejorar el perfil de AGI de la leche de oveja hacia un perfil más saludable desde el punto de vista de la salud humana sin afectar negativamente a los parámetros de producción animal. Tampoco afectaría a la transformación de la leche en queso, manteniendo el rendimiento quesero así como sus características principales. Y finalmente, el perfil de AG del queso mostraría tal como muestra la leche, contenidos más altos de AGI, convirtiéndolo en un producto más saludable y diferenciado de los demás.



---

---

## 3. Objetivos

El objetivo principal del presente trabajo fue determinar el efecto de la inclusión de distintas tortas de oleaginosas prensadas en frío, provenientes de semillas de oleaginosas producidas a nivel local, sobre parámetros zootécnicos de ovejas y el perfil de AG de la leche obtenida.

Para cumplir con este objetivo se marcaron los siguientes objetivos parciales:

- Determinar el efecto de la inclusión de distintas tortas de oleaginosas en las dietas de las ovejas de leche sobre la evolución de su peso vivo (PV) y CC.
- Medir el efecto de la inclusión de distintas tortas de oleaginosas en las dietas de las ovejas de leche sobre la producción de leche diaria (PLd) y sobre la composición de la leche (contenido en MG, MP, ESM, lactosa y urea).
- Determinar el efecto de la inclusión de distintas tortas de oleaginosas en las dietas de las ovejas de leche sobre el perfil de AG de la leche obtenida.

Dentro del proyecto NUTFOOD, los resultados obtenidos en este ensayo determinarán la semilla de oleaginosa con la que se obtiene una leche con un contenido en AGPI más elevado (saludable), con especial interés en el ácido linoleico, el CLA, y el ácido linolénico.

## 4. Material y métodos

### 4.1. Material animal

Para cumplir con los objetivos marcados se llevó a cabo un ensayo (23 febrero-25 marzo de 2021) con las ovejas LCN del rebaño de Neiker. La selección de las ovejas se hizo a partir del grupo de ovejas que parieron de IA entre el 14-24 de enero de 2021, para que tuvieran el mismo tiempo en lactación ( $35\pm 2$  días). Del total de las 60 ovejas que parieron de IA, se seleccionaron 48 ovejas para dividir las en 4 grupos homogéneos de 12 animales cada grupo. Para la constitución de los lotes se tuvo en cuenta la edad de las ovejas, el número de parto, el PV, la CC y la PLd. Las ovejas se instalaron en 4 cortines, cada uno de los cuales contaba con un pesebre corrido para la administración de forraje *ad libitum*, un bebedero para agua *ad libitum* y cama de paja. El concentrado que contenía la torta de oleaginosa correspondiente para cada grupo se ofreció a cada oveja en el momento del ordeño en comederos individualizados.

En la siguiente lista se muestran los 4 grupos utilizados en el ensayo, para más detalles ver el siguiente apartado 4.2.1.

- Control (CTR): pienso comercial, sin ninguna adición de aceites ni grasas.
- Lino (LI): donde la fuente de grasa era la torta de lino prensada en frío.
- Colza (CO): donde la fuente de grasa era la torta de colza prensada en frío.
- Girasol (GI): donde la fuente de grasa era la torta de girasol prensada en frío.

En la Tabla 2 se pueden observar las medias y las desviaciones estándar de los diferentes parámetros contemplados en cada uno de los grupos que se constituyeron para el ensayo.

**Tabla 2: Valores medios y desviación estándar de los parámetros analizados para la conformación de los grupos. CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino.**

	Edad (años)	NºParto	PLd(kg leche/día)	PV (kg)	CC
<b>CTR</b>	2,8 $\pm$ 1,1	2,4 $\pm$ 1,3	2,04 $\pm$ 0,36	59,5 $\pm$ 10,3	2,48 $\pm$ 0,56
<b>CO</b>	3,3 $\pm$ 1,2	2,7 $\pm$ 1,3	2,04 $\pm$ 0,58	60,2 $\pm$ 6,5	2,35 $\pm$ 0,59
<b>GI</b>	3,1 $\pm$ 1,2	2,3 $\pm$ 0,9	2,01 $\pm$ 0,50	59,2 $\pm$ 10,5	2,40 $\pm$ 0,51
<b>LI</b>	2,9 $\pm$ 1,3	2,4 $\pm$ 2,7	2,04 $\pm$ 0,44	60,5 $\pm$ 8,3	2,44 $\pm$ 0,52

El ensayo duro 31 días, los primeros 20 días fueron de adaptación a la dieta y los últimos 11 días se recogieron muestras de leche individuales, para determinar su composición, y muestras de leche de cada lote para determinar el perfil de AG. Los datos de PLd fueron registrados durante todo el ensayo monitorizando los ordeños de mañana y tarde de cada día.

### 4.2. Ración y características de la dieta

#### 4.2.1. Piensos

La cantidad de pienso ofrecida a cada oveja fue de 1 kg de materia fresca (MF) repartido entre los ordeños, 0,445 kg MS/oveja por la mañana y 0,445 kg MS/oveja por la tarde.

Asimismo, durante todo el ensayo se registró el rechazo individual de pienso de cada oveja (en el caso de que hubiera).

Para la composición de los diferentes piensos se utilizó como referencia las materias primas empleadas en el pienso CTR. En los lotes de CO, GI y LI se introdujo entre un 18-26% de torta prensada en frío (Tabla 3). Las cantidades de cada una de las materias primas empleadas se ajustaron tomando como referencia las tablas FEDNA de ingredientes para piensos<sup>4</sup>. Así se formularon los 4 piensos isoproteicos (18,87±0,40% PB) e isoenergéticos (0,97±0,06 UFL).

**Tabla 3: Porcentaje de las diferentes materias primas utilizadas en la formulación de cada uno de los piensos del ensayo. CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino.**

	%			
	CTR	CO	GI	LI
<b>Tota de Colza</b>	0	18,83	0	0
<b>Torta de Lino</b>	0	0	0	26,37
<b>Torta de Girasol</b>	0	0	20,72	0
<b>Soja</b>	23,54	14,13	14,13	2,83
<b>Cebada</b>	37,67	37,67	37,67	42,37
<b>Maíz</b>	32,96	23,54	21,65	22,60
<b>Melaza de caña</b>	2,83	2,83	2,83	2,83
<b>Carbonato cálcico</b>	1,30	1,30	1,30	1,30
<b>Bicarbonato sódico</b>	0,94	0,94	0,94	0,94
<b>Sal</b>	0,38	0,38	0,38	0,38
<b>Nutral 4%</b>	0,38	0,38	0,38	0,38

Para la determinación de la calidad nutritiva de los distintos concentrados, se recogieron muestras la primera semana (para confirmar la correcta elaboración de los mismos), como posteriormente semanalmente para realizar un pool por lote con las muestras de las distintas semanas. Estas muestras se llevaron a analizar al Laboratorio Pecuario de Eskalmendi para la determinar su contenido en MS, Cenizas, MG, MP y Fibra Bruta (FB). La MS y las Cenizas se analizaron mediante gravimetría, la GB mediante extracción con Soxhlet, la PB mediante el método Kjeldahl y la FB por el método de Wendee.

Tal y como se ve en la Tabla 4 los piensos presentaron una pequeña desviación respecto a la formulación realizada, ya que los piensos que en su composición contaban con torta de oleaginosas contenían un porcentaje de MG superior (estando el de CO un punto por debajo de los otros dos grupos de oleaginosas) al del pienso CTR, y este último un contenido en MP ligeramente mayor. De la misma manera, el contenido de FB del concentrado GI, fue superior debido a su alto contenido en cáscara.

<sup>4</sup> <http://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo>

**Tabla 4: Valores medios y desviación estándar del porcentaje de MS, Cenizas, MG, MP y FB respecto a la MS de los piensos de cada grupo. CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino.**

	MS	Cenizas	MG	MP	FB
<b>CTR</b>	89,35±1,96	6,84±1,02	3,21±0,09	19,33±0,25	4,40±5,08
<b>CO</b>	89,42±0,70	7,23±0,36	6,22±0,83	19,05±0,65	5,08±0,01
<b>GI</b>	88,69±0,78	5,88±0,79	7,27±0,06	18,65±0	9,13±0,54
<b>LI</b>	88,93±1,56	5,90±1,27	7,38±0,29	18,43±0,51	6,41±0,58

#### 4.2.2. Forrajes

Los forrajes se suministraron *ad libitum* en los pesebres corridos. Para ello se pesaba tanto la oferta como el rechazo de los mismos. De esta manera se calculaba y ajustaba semanalmente el aporte *ad libitum* suministrando una oferta siempre 15% superior a la MS ingerida. Respecto a las cantidades aportadas, se comenzó ofertando la misma cantidad de MS de los dos forrajes utilizados a cada uno de los lotes a razón de 1,2 kg MS/oveja/día de cada forraje. A lo largo del ensayo estas cantidades fueron modificándose según la ingesta.

Durante el ensayo, como se ha mencionado, se emplearon dos forrajes diferentes, por la mañana henolaje de veza-avena (mezcla de 70% veza y 30% avena) y por la tarde heno de festuca. Al igual que en el caso de los piensos, al principio del ensayo se cogió una muestra de los forrajes y semanalmente se fueron recogiendo muestras para hacer un pool; todas las muestras se analizaron en el Laboratorio Pecuario de Eskalmendi. Los parámetros que se analizaron fueron MS, Cenizas, MP, Fibra Acido Detergente (FAD) y Fibra Neutro Detergente (FND) mediante el método NIR.

En la Tabla 5 se recogen los valores medios de los análisis de los distintos forrajes. El henolaje de veza-avena, dado su método de conservación, claramente mostro un contenido en MS inferior al heno de festuca.

**Tabla 5: Valores medios y desviación estándar del porcentaje de MS, Cenizas, GB, MP y FB respecto a la MS de los forrajes administrados.**

	MS	Cenizas	MP	FAD	FND
<b>Silo de Veza-Avena</b>	61,24±0*	7,80±0,71	17,72±0,37	38,05±1,27	52,65±3,86
<b>Heno de Festuca</b>	88,85±1,11	9,98±0,76	11,10±0,68	33,36±4,62	47,43±0,93

\*: El porcentaje de MS solo se midió una vez dada su variación entre fardos y del mismo fardo dependiendo del tiempo que llevara abierto.

Respecto a la valoración de la calidad de los forrajes se utilizó la metodología Linn y Martin citada por Calsamiglia (1997) y que deriva en el Valor Relativo del Forraje (VRF) por medio de los siguientes cálculos:

- Valor Relativo del Forraje:  $VRF = (DMS \times IMS) / 1,29$ , donde:
- Ingestión de la MS:  $IMS(\% PV) = 120 / FND$

- Digestibilidad de la MS:  $DMS(\%) = 88,9 - (0,779 \times FAD)$

Una vez calculado el VRF ambos forrajes se situaron dentro de la categoría de segunda con valores de 104 y 123,38 respectivamente. No obstante, respecto a la cantidad de MP del forraje, el henolaje de veza-avena presentó un mayor contenido proteico.

### 4.3. Parámetros a analizar

#### 4.3.1. Peso vivo y condición corporal

El PV se utilizó como estimador de reservas, ya que en condiciones constantes las variaciones en el peso se deben a modificaciones de las reservas corporales (Evans, 1978; Mandaluniz, 2003). Este se midió al inicio y al final del ensayo mediante una balanza móvil electrónica con una precisión de 0,1 kg.

Conocer la CC de los animales es importante para establecer estrategias de alimentación y valorar la evolución del nivel de reservas corporales durante el ciclo productivo (Purroy et al., 1987). En el presente estudio para realizar una estimación de los cambios de la CC se utilizó tanto el PV, como la puntuación de la CC (Russel et al., 1969).

La CC se trata de un método de estimación del grado de engrasamiento de las ovejas que se realiza mediante una palpación de la zona de las vértebras lumbares. En el procedimiento se palpa desde el borde posterior de la última costilla, hasta llegar a la región lumbar, detectando la prominencia de las apófisis espinosas y transversas lumbar y el grado de cobertura de grasa. Este método fue descrito por Russel et al. (1969) y modificado por la Meat and Livestock Commission (1975), con puntuaciones de que van desde el 1 (muy flaca) hasta el 5 (muy gorda) (Figura 8). En este trabajo se consideraron variaciones intermedias de 0,25 puntos y, al igual que con el PV, se realizó una estimación al inicio y otra al final del ensayo.

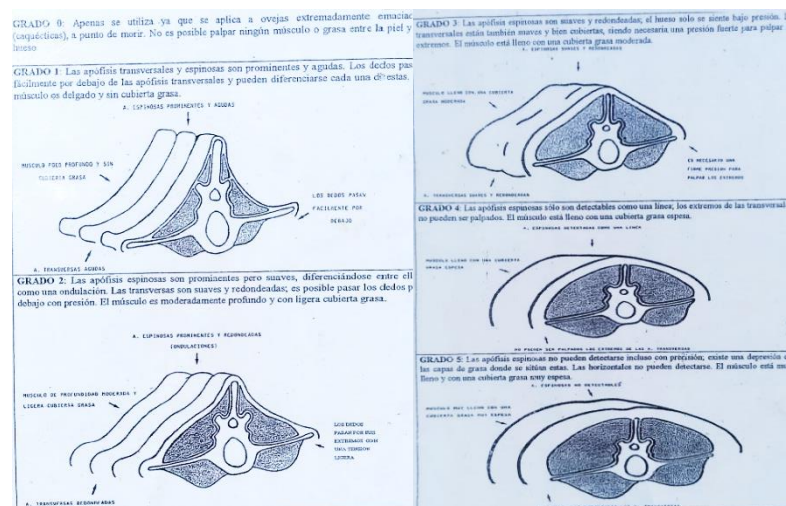


Figura 8: Calificación visual y descriptiva de la puntuación de la CC para las ovejas

#### 4.3.2. Producción de leche diaria y Leche diaria corregida

Durante el estudio las ovejas se ordeñaron dos veces al día, a las 7:30 de la mañana y a las 18:00 de la tarde. La sala de ordeño contaba con 12 posiciones individuales y 6 puntos de ordeño a cada uno de los lados y un comedero individual para cada oveja, donde se les

administraba el pienso experimental correspondiente en cada ordeño y grupo. Los puntos de ordeño contaban con un medidor electrónico de flujo individual (MM25 SG, DeLaval, Madrid, Spain) para poder determinar la cantidad de kg de leche producida por cada una de las ovejas en cada ordeño durante los 31 días que duró la experimentación, incluyendo la fase de adaptación.

Una vez transcurrido el periodo de adaptación, se tomaron muestras individuales de leche de todas la ovejas durante los dos ordeños de dos días consecutivos durante las dos últimas semanas del ensayo (semana 4 y 5) (n=4 por semana). Las muestras individuales se guardaron en recipientes individuales que contenían potasio bicromato (0,3g/L) de conservante, se almacenaron a 4 °C y se enviaron al Laboratorio Lactológico Acreditado de Lekunberri. Una vez allí, se analizaron mediante el método de espectroscopia de infrarrojo cercano (Foss System 400, Foss Electric, Hillerod, Denmark; Instituto Lactológico Lekunberri, Spain) tanto el porcentaje de MG, MP, ESM y lactosa. También se realizó un análisis de la cantidad de urea presente en la leche (mg/l leche)

**Producción de Leche Corregida (PLc):** mediante los porcentajes de MG y MP presentes en la leche se realizó el cálculo de la PLc de cada uno de los lotes para los días de muestreo, de acuerdo a la ecuación de Boquier et al (1993):

$$PLc = Leche \times (0,071 \times \% MG + 0,043 \times \% MP + 0,2224)$$

Mediante la suma de los datos recogidos en los ordeños de mañana y tarde de los días del ensayo (n=31) se calculó la PLd. Mediante la suma de los resultados obtenidos de la fórmula de PLc de un mismo día se calculó la producción de leche corregida diaria (PLcd) para cada uno de los días de muestreo que se contaba con parámetros de grasa y proteína (n=4, 2 días de la semana 4 y 2 días de la semana 5).

En los parámetros analizados de la leche el dato que se obtuvo de los análisis fue para cada momento de ordeño, es decir dos por día. Para determinar el contenido total del día se realizó una ponderación de los parámetros de MG, MP, ESM, lactosa y urea, para cada uno de los días de muestreo mediante la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{Xm \times PLm + Xt \times PLt}{PLd}$$

Dónde:

Xm: Dato de MG o MP o ESM o lactosa o urea del ordeño de mañana.

PLm: Producción de leche de la mañana.

Xt: Dato de MG o MP o ESM o lactosa o urea del ordeño de tarde.

PLt: Producción de leche de la tarde.

#### 4.3.3. Perfil de ácidos grasos

Para realizar el análisis de los AG presentes en la leche, se recogieron muestras de leche los mismos días que para la determinación de su composición, haciendo una muestra conjunta con la leche de los ordeños de mañana y de tarde del mismo día para cada grupo, es decir un total de 2 muestras por semana (n=4, 2 días de la semana 4 y 2 días de la semana 5). Las

---

muestras se congelaron  $-20^{\circ}\text{C}$  y posteriormente fueron llevadas al laboratorio de METABOLOMIPs (UPV-EHU).

Una vez en el laboratorio, el tratamiento de muestras se llevó a cabo mediante una extracción inicial de los AG de la leche y su posterior metilación para el análisis por cromatografía de gases. La extracción líquido-líquido fue adaptada de Secchiari et al. (2003). Para ello se tomaron 0.3 ml de muestra y se añadieron 0.4 ml de amoníaco 25 % para análisis, 1 ml de etanol y 5 ml de hexano. Tras agitar la muestra durante 5 minutos, ésta fue centrifugada a 8000 rpm durante 5 minutos. El sobrenadante fue trasvasado a un vial y se volvió a repetir la etapa de extracción añadiendo de nuevo 0.4 ml de amoníaco 25 %, 1 ml de etanol y 5 ml de hexano a la muestra. Tras agitar y centrifugar la muestra, el sobrenadante se mezcló con el primer sobrenadante en el mismo vial y se llevó a sequedad en una corriente de nitrógeno. El residuo seco fue pesado.

Una vez extraídos los AG, estos fueron sometidos a un proceso de metilación adaptado de Christie (1982). Para ello, al residuo seco obtenido tras la etapa de extracción se le añadieron 0.8 ml de tolueno y 2 ml de metóxido sódico y la muestra fue sometida a una temperatura de  $50^{\circ}\text{C}$  durante 30 minutos. Posteriormente, se añadieron 50  $\mu\text{l}$  de agua de calidad MilliQ y 10 ml de hexano. Una vez agitada la muestra 2 minutos, esta fue centrifugada a 10000 rpm durante 10 minutos y se dejó reposar otros 10 minutos. El sobrenadante fue analizado mediante la metodología GC-MS anteriormente mencionada.

El análisis de los AG se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases 7890B (Agilent Technologies, PA, USA) acoplado a un espectrómetro de masas con ionización por impacto electrónico modelo 7000C. Se inyectó 1  $\mu\text{L}$  en modo split (ratio 100:1) a  $250^{\circ}\text{C}$  en una columna capilar SP<sup>TM</sup>-2560 (100 m x 0,25 mm x 0,2  $\mu\text{m}$ , Supelco). Como gas portador se utilizó helio (100%, Air liquide) a un flujo constante de  $1\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ . La rampa de temperatura utilizada fue la siguiente: temperatura inicial  $110^{\circ}\text{C}$  (7 minutos); aumento a  $3^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  hasta  $190^{\circ}\text{C}$  (5 min); aumento a  $0.5^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  hasta  $205^{\circ}\text{C}$ ; aumento a  $5^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  hasta  $230^{\circ}\text{C}$  (5 min); aumento a  $5^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  hasta  $240^{\circ}\text{C}$  (5 min). Tiempo total de análisis fue de 82.66 min. En cuanto a los parámetros de detección del espectrómetro de masas, la ionización por impacto electrónico se llevó a cabo aplicando una diferencia de potencial de 70 eV. La temperatura de la línea de transferencia se mantuvo a  $300^{\circ}\text{C}$  y las temperaturas de la fuente de iones y del cuadrupolo fueron de  $230^{\circ}\text{C}$  y  $150^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. La detección se llevó a cabo en modo Scan (50-400 m/z) y en modo SIM. Este método es una adaptación del método propuesto en la norma UNE-EN ISO 12966-4.

Para la cuantificación, se utilizó una mezcla de 37 AG metilados de Supelco (Supelco 37 component FAME mix, pureza >98%) y un patrón de los CLA de Sigma-Aldrich. Como patrón interno se empleó un análogo deuterado del metil éster del ácido heicosanoico. Todos los reactivos fueron de calidad (adecuados) para el análisis de Scharlab, excepto de metóxido sódico que es de Acros Organic.

Los 37 AG analizados, más los conjugados del ácido linoleico (CLA) se muestran en la siguiente lista: C4:0; C6:0; C8:0; C10:0; C11:0; C12:0; C13:0; C14:0; C14:1; C15:0; C15:1; C16:0; C16:1; C17:0; C17:1; 18:0; C18:1 t9; C18:1 c9; C18:2; C18:2 c9c12; C18:3; C18:3 c9c12c15; C20:0; C20:1; C20:2 c11c14; C20:3 c8, c11c14; 20:3 c8c14c17; C20:4 c5c8c11c14; C20:5 c5, c8c11c14c17; C21:0; C22:0; C22:1; C22:2; C22:6 c4c7c10c13c16c19; C23:0; C24:0; C24:1; CLA c9t11; CLA t10c12; CLA c9c12.

---

A partir de estos AG se realizaron los siguientes grupos:

- AGS: C4:0; C6:0; C8:0; C10:0; C11:0; C12:0; C13:0; C14:0; C15:0; C16:0; C17:0; C18:0; C20:0; C21:0; C22:0; C23:0; C24:0.
- Síntesis de novo (SNOVO): C4:0; C6:0; C8:0; C10:0; C11:0; C12:0; C13:0; C14:0; C15:0; C16:0. Se introduce este grupo de AG para comprobar el efecto de los cereales introducidos en las raciones y poder verificar si hay una tenencia lógica en el perfil de los AG de cadena corta.
- AGMI: C14:1; C15:1; C16:1; C17:1; C18:1 t9; C18:1 c9; C20:1; C22:1; C24:1.
- AGPI: C18:2; C18:2 c9c12; C18:3; C18:3 c9c12c15; C20:2 c11c14; C20:3 c8c11c14; C20:3 c8c14c17; C20:4 c5c8c11c14; C20:5 c5c8c11c14c17; C22:2 c13c16; C22:6 c4c7c10c13c16c19; CLA c9t11; CLA t1c12; CLA c9c12.
- AGI: AGMI+AGPI
- CLA: CLA c9t11 ; CLA t10c12 ; CLA c9c12.
- n3: C18:3 c9c12c15; C20:5 c5c8c11c14c17; C22:6 c4c7c10c13c16c19.
- n6: C18:2 c9c12; C20:4 c5c8c11c14.

También se calculó el índice aterogénico (IA) mediante la fórmula propuesta por Ulbricht & Southgate (1991):

$$IA = (C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0) / AGI$$

Finalmente, se calcularon las relaciones n6/n3, AGPI/AGS y AGI/AGS.

#### 4.4. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa estadístico SAS Enterprise Guide 7.1. El procedimiento utilizado para analizar los distintos parámetros fue el PROC MIXED. Este procedimiento ajusta una variedad de modelos lineales mixtos a los datos, y usa estos modelos ajustados para hacer inferencias estadísticas sobre los datos introducidos. Un modelo lineal mixto es una generalización del modelo lineal estándar utilizado en el procedimiento GLM, la generalización es que se permite que los datos muestren correlación y variabilidad no constante. El modelo lineal mixto, por lo tanto, le brinda la flexibilidad de modelar no solo las medias de sus datos (como en el modelo lineal estándar) sino también sus varianzas y covarianzas (SAS/STAT, 2021).

Se consideró como significativo cuando el análisis presentaba un valor  $p < 0,05$ . Como método de ajuste de comparación múltiple de las diferencias de medias se utilizó el método Tukey. En caso de que en algunos de los análisis, el número de muestras fuera diferente en cada tratamiento (pérdida de muestras, analíticas nulas, error de muestreo, etc) el método de ajuste sería el de Tukey-Kramer.

A continuación, se pasa a explicar más detalladamente los efectos que se tuvieron en cuenta en cada uno de los análisis que se realizaron.



#### 4.4.1. Producción de leche diaria

Para el análisis de la PLd se consideró como covariable (COV) el dato de PLd inicial (PLdi) con el que se hicieron los grupos. Como efectos fijos se consideraron, el lote (tipo de pienso, n=4) y la semana (n=5), su interacción y, como efecto aleatorio, el animal.

Se utilizó el procedimiento MIXED mediante el siguiente modelo estadístico:

$$Y = \mu + D1 + D2 + D1xD2 + D3 + A + \epsilon$$

Dónde:

Y: Variable dependiente (PL).

$\mu$ : Media poblacional.

D1: Efecto del tipo de pienso (lote).

D2: Efecto de la semana de ensayo.

D3: Efecto del dato inicial de PLdi (COV).

D1xD2: interacción entre el lote y la semana.

A: Efecto del animal.

$\epsilon$ : Error residual

#### 4.4.2. Producción de leche corregida diaria y composición de la leche

En este caso se realizaron los análisis de 6 parámetros diferentes en el mismo programa:

- La PLcd (kg).
- El contenido de MG en leche (%).
- El contenido de MP en leche (%).
- El contenido de ESM en leche (%).
- El contenido de lactosa en leche (%).
- El contenido de Urea en leche (mg/l).

En el caso de la PLcd se consideraron como efectos fijos el lote (tipo de pienso, n=4), la semana (leche de la semana 4 o semana 5, n=2) y su interacción. Como efecto aleatorio se tomó el animal, y como COV el dato de PLc inicial (PLci), que se determinó con la información del control lechero oficial justo antes de comenzar con el ensayo.

En el caso del contenido de MG, MP, ESM, lactosa y urea en leche los efectos fijos se consideraron los mismos que para la PLcd. No obstante, como COV se utilizó en cada uno de los parámetros el dato correspondiente al control lechero oficial anterior al ensayo.

Para todo ellos se utilizó el procedimiento MIXED mediante el siguiente modelo estadístico:

$$Y = \mu + D1 + D2 + D1xD2 + D3 + A + \epsilon$$

---

Dónde:

Y: Variable dependiente (PLcd, %MG, %MP, %ESM, % lactosa o mg Urea/litro de leche).

$\mu$ : Media poblacional.

D1: Efecto del tipo de pienso (lote).

D2: Efecto de la semana.

D1xD2: interacción entre el lote y la semana

D3 Efecto de la COV (PLcdi, %MG, %MP, %ESM, % lactosa o mg Urea/litro de leche).

A: Efecto del animal.

$\epsilon$ : Error residual

#### 4.4.3. Perfil de ácidos grasos

Se realizó el análisis de todos los AG mencionados en el 4.3.3, así como las relaciones descritas y el IA. En este caso, al no realizarse un análisis previo de AG, no se contó con COV del dato inicial. Como efectos fijos se consideraron el lote (n=4) y la semana (semana 4 o semana 5, n=2) y su interacción.

Se utilizó el procedimiento MIXED mediante el siguiente modelo estadístico:

$$Y = \mu + D1 + D2 + D1xD2 + \epsilon$$

Dónde:

Y: Variable dependiente (todos los AG detallados en el apartado 4.3.3. y sus relaciones).

$\mu$ : Media poblacional.

D1: Efecto del tipo de pienso (lote).

D2: Efecto de la semana de ensayo.

D1xD2: interacción entre el lote y la semana

$\epsilon$ : Error residual

En este caso, el método de ajuste utilizado fue el de Bonferroni, ya que al contar con un número de muestras reducido se optó por un método más conservador.

## 5. Resultados y discusión

### 5.1. Peso vivo y condición corporal

Las ovejas iniciaron el ensayo con  $59,8 \pm 8,8$  kg de PV medio y al finalizar este fue ligeramente superior,  $60,7 \pm 7,9$  kg. En la Figura 9 se puede ver como todos los grupos tuvieron un pequeño aumento de peso exceptuando al grupo CO, que se mantuvo prácticamente en el mismo peso. El LI fue el grupo que mayor aumento de peso obtuvo, aunque en ningún caso los aumentos de peso superaron los 1,5 kg.

Teniendo en cuenta que el inicio de la lactación es un momento crítico para las ovejas donde demandan mucha energía (Hassoun y Bocquier, 2007), las ganancias de peso en la mayoría de los grupos pone en evidencia que los concentrados cumplen con los requisitos nutricionales de las ovejas para dicho momento de la lactación. No obstante, cabe destacar que no se considera que el aumento de peso haya sido significativo a lo largo del ensayo. Al principio, hasta llegar al pico de lactación, incluso un poco más, lo esperado sería que las ovejas perdieran peso, sin embargo, no se cuenta con pesadas intermedias para poder comprobar esta tendencia. Lo importante es que en el total del tiempo transcurrido las ovejas terminaron con un PV superior al inicial.

En cuanto a la CC las ovejas iniciaron el ensayo con  $2,42 \pm 0,53$  y finalizaron con  $\frac{1}{4}$  punto más, es decir  $2,65 \pm 0,62$ . Coincidiendo con la tendencia del PV, el grupo de LI fue el que mostró un mayor incremento de la CC. En este el grupo CTR no aumentó de CC y en cambio, el grupo CO incrementó su CC (Figura 10).

Al igual que en el caso de PV este aumento indica el valor nutricional de los piensos, ya que en un momento tan crítico como es el inicio de la lactación, los concentrados, juntos al forraje administrado, consiguieron aumentar la CC hasta superar el 2,5 (valor objetivo). Además, los grupos alimentados con los piensos experimentales fueron los que mostraron un mayor aumento en la CC. No obstante, no se realizó ningún análisis estadístico ni con el PV ni con la CC, ya que únicamente había registros del inicio y del final del ensayo.

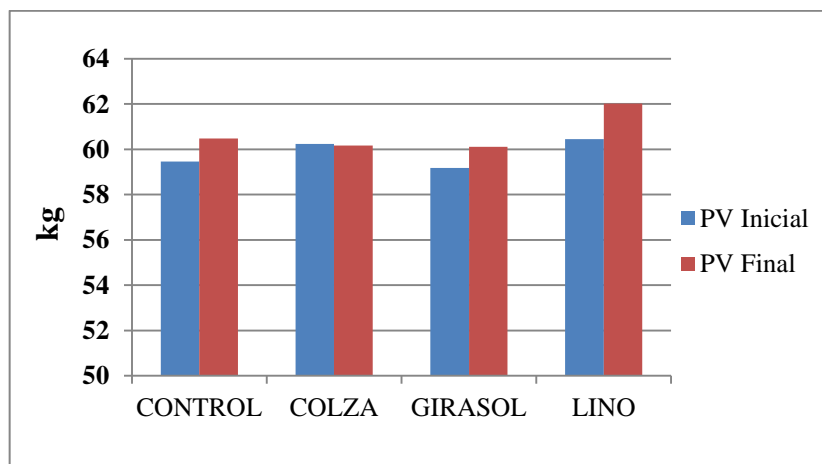


Figura 9: Media del PV de cada grupo al inicio y al final del ensayo.

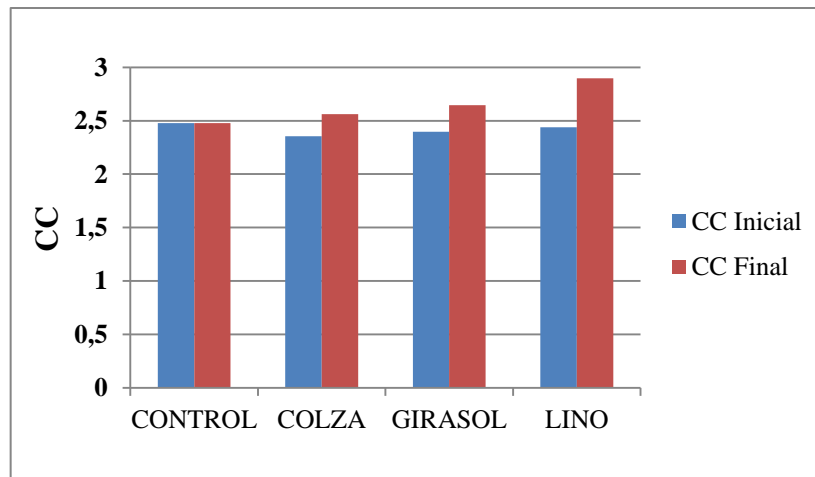


Figura 10: Media de CC de cada grupo al inicio y al final del ensayo.

## 5.2. Producción de leche diaria

Las ovejas tuvieron una media de PLd durante el ensayo de  $2,21 \pm 0,45$  kg/día. En cuanto al tipo de pienso, el lote de CTR tuvo una media de  $2,43 \pm 0,14$  kg/día, el de GI  $2,04 \pm 0,11$  kg/día, el de CO  $2,23 \pm 0,12$  kg/día y el de LI  $2,09 \pm 0,10$ . En la Figura 11 se puede observar la tendencia de PLd media de cada uno de los grupos durante las cinco semanas del ensayo.

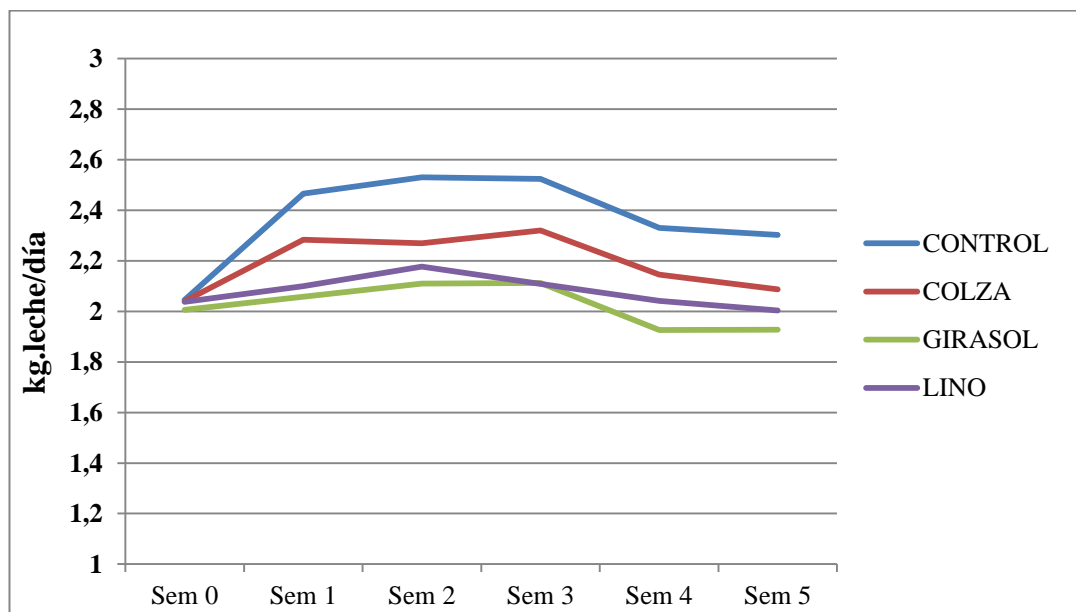


Figura 11: Evolución de la media de PL de cada grupo a lo largo de las diferentes semanas del ensayo.

De acuerdo al análisis estadístico, los efectos fijos de la semana ( $p < 0,0001$ ), el lote ( $p = 0,0002$ ), la interacción “semana x lote” ( $p = 0,012$ ) y el dato de partida de producción (COV) tuvieron efectos significativos en la PLd de las ovejas durante el ensayo.

En el caso de la interacción, se vieron tendencias diferentes en cuanto a la evolución temporal de la PLd en cada lote. Así, los lotes CTR y CO tuvieron los valores PLd más altos y presentaron una misma tendencia con valores similares las primeras tres semanas y una bajada significativa en las 4ª y 5ª semana la cual se esperaba y se considera normal, ya que una vez se

alcanza el pico de producción en el primer mes de lactación se espera que la producción empiece a bajar progresivamente (Ruiz et al., 2000; Sanchez-Seiquer y Fernandez, 2003). En el caso del lote GI se produjo una bajada de producción la semana 2 que luego recuperó en la semana 3 teniendo aquí su valor más alto al igual que en los grupos de CTR y CO. El de LI por su parte, el pico de lactación se alcanzó la 2ª semana de ensayo, la cual no mostró diferencias significativas con las semanas 1 y 3, por el contrario si con las semanas 4 y 5, en las cuales se dio un descenso progresivo. De esta manera, el grupo de LI pasó a ser el grupo que menor PLD mostró por debajo del GI.

De la misma manera, se observaron diferencias significativas entre grupos dentro de la misma semana. La tendencia fue cambiando dependiendo de la semana, así las dos primeras semanas el grupo CTR fue el que mayor PLD obtuvo sin mostrar diferencias significativas con el grupo de CO, que a su vez no mostró diferencias con los grupos GI y LI. En la tercera semana esta tendencia cambió. En grupo CTR seguía con una PLD mayor seguido del grupo CO y GI, no obstante no mostraron diferencias significativas entre sí, pero si con el grupo LI a excepción del grupo GI (Tabla 6). Finalmente, en las semanas 4 y 5 la tendencia fue la misma, el grupo CTR fue el que mayor PLD obtuvo, seguido del grupo CO, GI y LI. Sin embargo, estas dos semanas no se observaron diferencias significativas entre grupos.

Cabe destacar que en la semana 4 se dio una disminución general de PLD en todos los grupos. Esto pudo deberse a que en la cuarta semana se tuvo un problema con el suministro de agua durante 24 horas, el cual tuvo efecto en las producciones de leche.

**Tabla 6: PLD (kg/d) de cada grupo a lo largo de las diferentes semanas del ensayo). CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino.**

Semana	CTR	CO	GI	LI	ESM	p valor
<b>1</b>	2,49 <sup>Aa</sup>	2,44 <sup>ABa</sup>	2,19 <sup>Bac</sup>	2,09 <sup>Bab</sup>	0,049	<,0001
<b>2</b>	2,55 <sup>Aa</sup>	2,42 <sup>ABa</sup>	2,14 <sup>Bac</sup>	2,17 <sup>Ba</sup>	0,049	<,0001
<b>3</b>	2,55 <sup>Aa</sup>	2,48 <sup>Aa</sup>	2,24 <sup>ABa</sup>	2,10 <sup>Bab</sup>	0,049	<,0001
<b>4</b>	2,35 <sup>b</sup>	2,30 <sup>b</sup>	2,05 <sup>b</sup>	2,03 <sup>b</sup>	0,049	<,0001
<b>5</b>	2,32 <sup>b</sup>	2,24 <sup>b</sup>	2,07 <sup>bc</sup>	1,98 <sup>b</sup>	0,051	<,0001
<b>ESM</b>	0,077	0,086	0,080	0,079		
<b>p valor</b>	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001		

**Nota.** Los superíndices en mayúsculas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre lotes en una misma semana y los superíndices en minúscula indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre semanas dentro de cada lote (diferencias dentro de cada columna). **ESM:** error estándar medio

Al analizar los efectos fijos individualmente, en el caso de la semana, en general, la PLD se mantuvo durante las tres primeras semanas y se vio un descenso significativo a partir de la semana 4. Estos resultados muestran una progresión lógica de la curva de lactación. La primera semana las ovejas todavía no habían alcanzado el pico de lactación, ya que se encontraban en el primer mes de lactación al inicio del ensayo, y siguieron aumentando la producción hasta la segunda semana del ensayo, donde alcanzaron el pico de lactación grupal. Las semanas sucesivas fueron disminuyendo de producción siguiendo la curva fisiológica de lactación (Ruiz, 1999; Sanchez-Seiquer y Fernandez, 2003). Esto se corresponde con lo anteriormente explicado, que exceptuando el ligero cambio en la tendencia de lote de LI todos siguieron el mismo patrón.

En cuanto al efecto del lote, los grupos de CTR y LI se encontraron en los dos extremos. El CTR fue el lote con mayor PLd (2,45<sup>a</sup> kg leche/d) y el LI el lote con la PLd más baja (2,07<sup>c</sup> kg leche/d). Los niveles de PLd de los grupos de CO y el GI fueron similares entre ellos, siendo la PLd del grupo CO (2,37<sup>ab</sup> kg leche/d) similar al CTR, y la PLd del grupo GI (2,14<sup>bc</sup> kg leche) a la del grupo LI.

En el caso del grupo LI esta menor PLd coincidió con una mayor recuperación de PV y CC, lo cual puede estar indicando que este grupo de animales estuvo derivando parte de la energía de la dieta a acumular reservas en vez de producir leche ya que en la bibliografía consultada (Goodridge et al., 2001; Mohammed et al., 2011; Mandaluniz et al., 2019), no se describe un descenso de la PLd como el encontrado en el presente trabajo. Esta misma tendencia fue observada por Mandaluniz et al (2010) con ovejas alimentadas con alperujo (residuo graso obtenido de la extracción del aceite de las olivas).

Tal y como se ha mencionado, el grupo de CO no mostró diferencias significativas en cuanto a la PLd respecto al CTR, lo cual coincide con los resultados obtenidos en otros trabajos previos realizados con ovino lechero por Amores et al., (2014) y Pascual et al. (2019).

Finalmente, el grupo GI mostró una PLd significativamente inferior al grupo CTR, lo cual no coincide con la bibliografía consultada (Amores et al., 2014; Pascual et al., 2019).

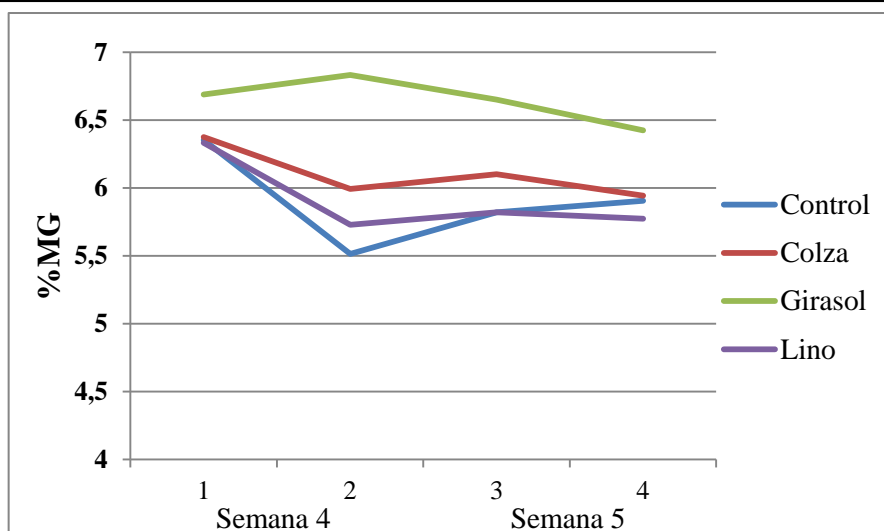
### 5.3. Producción de leche corregida diaria

Los valores medios totales de PLcd fueron de 1,76±0,40 kg/d/oveja con un contenido de 6,15±0,71 % MG, 4,32±0,38 % MP, 10,21±0,63 % ESM, 5,13±0,27 % lactosa y 334,47±80,60 mg urea/l leche. En la Tabla 7 se muestran los valores medios y desviación de la composición de la leche de cada grupo.

**Tabla 7: Valores medios y desviación estándar de PLcd, MG, MP, LA, ESM y urea de los diferentes grupos del ensayo. CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino.**

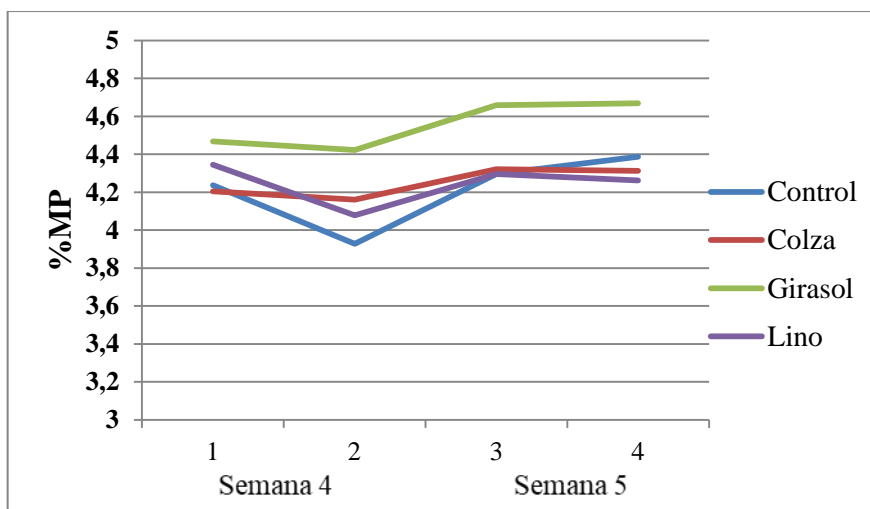
	CTR	CO	GI	LI
<b>PLcd (kg/d/oveja)</b>	1,88±0,43	1,79±0,45	1,72±0,32	1,62±0,33
<b>%MG</b>	5,82±0,78	6,10±0,51	6,65±0,56	5,91±0,69
<b>%MP</b>	4,21±0,37	4,25±0,35	4,55±0,37	4,25±0,33
<b>%ESM</b>	9,98±0,78	10,25±0,43	10,54±0,37	10,01±0,73
<b>% Lactosa</b>	5,08±0,34	5,21±0,12	5,20±0,16	5,02±0,36
<b>Urea(mg/l)</b>	346,55±78,71	310,15±62,20	386,58±63,24	285,18±78,97

Respecto al contenido de MG de la leche, los lotes de GI y CO mostraron valores medios superiores al 6%, siendo el primero el que contenía mayor porcentaje (Tabla 7). En la Figura 12 se puede observar como en el primer día de muestreo todos los grupos se encontraban por encima del 6% de MG, el segundo día se produjo una bajada en todos los grupos excepto en el de GI, siendo más acusada en los de LI y CTR cuyos valores bajaron por debajo del 6%. Estos dos grupos posteriormente recuperaron el valor de MG pero no superaron el 6%. Esta brusca bajada se pudo deber a que entre el día 1 y 2 de muestreo (semana 4 del ensayo) se produjo un fallo en el suministro de agua y las ovejas pasaron varias horas sin poder beber de agua, lo cual pudo influir tanto en la producción de la leche como en la composición de la misma.



**Figura 12:** Contenido medio de MG de cada grupo a lo largo de los 4 días de muestreo.

En el contenido de MP de la leche ocurría algo similar a la MG, el grupo de GI presentó el valor más alto (Tabla 7). No obstante, en este caso el grupo de CO fue el que mostró un menor contenido medio de MP. En la Figura 13 se puede ver como el segundo día (posiblemente por la misma causa del fallo de suministro de agua anteriormente citado), se dio un descenso del contenido de MP, que al igual que en el caso de la MG fue más acusado en los grupos de LI y CTR, aunque posteriormente volvió a recuperar los valores anteriores.



**Figura 13:** Contenido medio de MP de cada grupo a lo largo de los 4 días de muestreo.

En el ESM de la leche se dio la misma tendencia, pero el descenso general del segundo día tuvo un mayor impacto en los grupos de LI y CTR disminuyendo su valor por debajo del 10%. Luego todos los grupos volvieron a recuperarse (Figura 14), pero al igual que en el caso del %MP, el CTR recuperó el contenido de ESM progresivamente y en el grupo de LI el último día volvió a descender situándose por debajo del 10%.

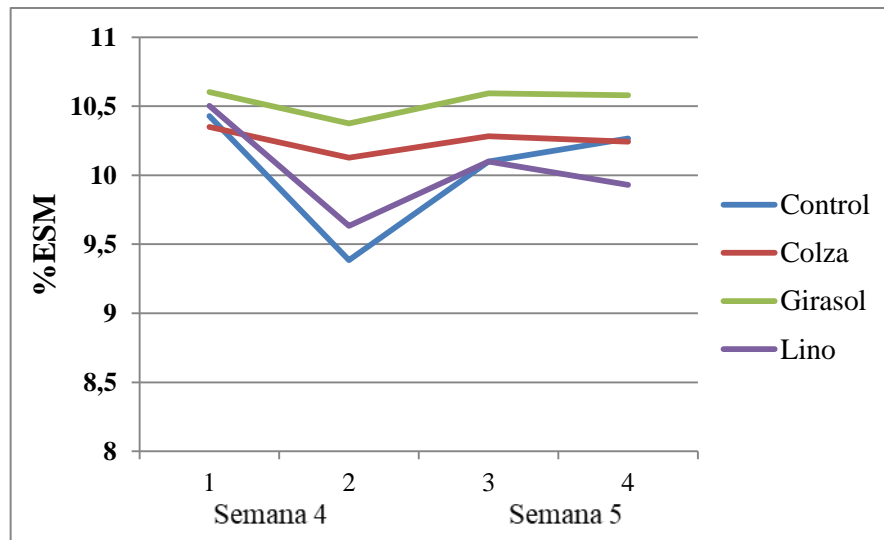


Figura 14: Contenido medio de ESM de cada grupo a lo largo de los 4 días de muestreo.

En el caso del contenido de lactosa en leche, el primer día de muestreo todos los grupos presentaron un valor superior al 5%. Al igual que en los casos anteriores el segundo día se dio un descenso que fue más acusado en los grupos de LI y CTR, los cuales se situaron por debajo del 5%. En los siguientes muestreos los grupos de CO y GI disminuyeron ligeramente su contenido en lactosa. En cambio el grupo de CTR fue recuperando, hasta situarse en los mismos valores que los otros dos grupos. Por el contrario, el grupo de LI aunque el tercer día recuperara el contenido en lactosa volvió a descender el día 4, siendo el grupo que menor contenido de lactosa mostraba (Figura 15).

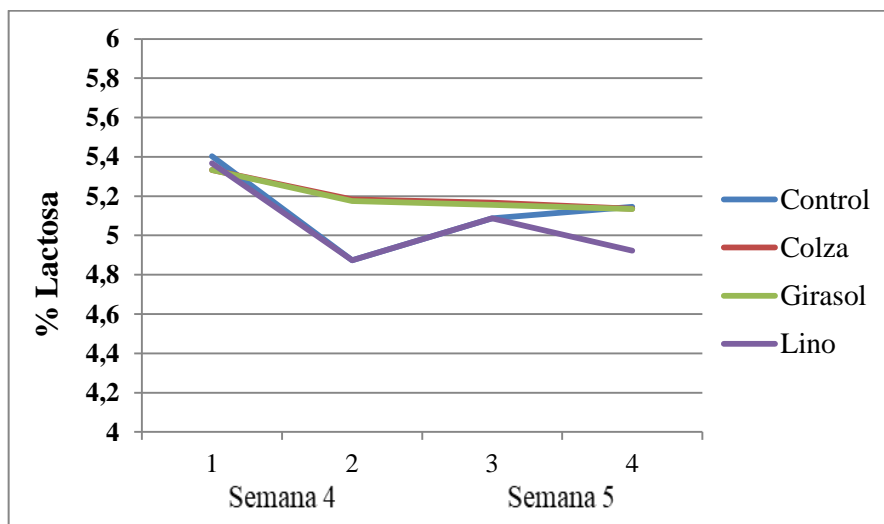


Figura 15: Contenido medio de lactosa de cada grupo a lo largo de los 4 días de muestreo.

En cuanto a los niveles de urea en leche, destaca el grupo GI, que mostró una media total cercana a los 400 mg urea/l leche (Tabla 7), superando este umbral junto a los grupos de LI y CTR en el primer día de muestreo (Figura 16). En los días sucesivos los valores de urea fueron descendiendo en todos los grupos excepto en el LI que recuperó en el día 3 y el CTR en el día 4.



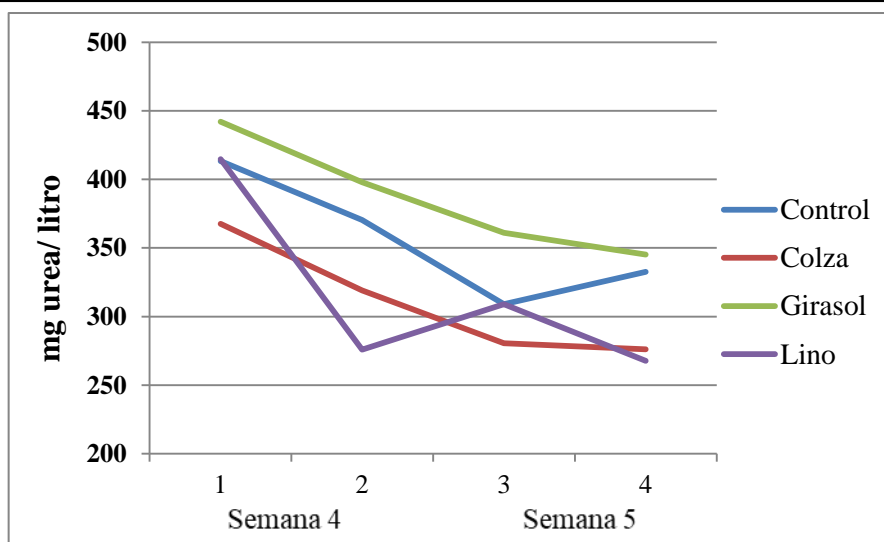


Figura 16: Contenido medio de urea de cada grupo a lo largo de los 4 días de muestreo.

En el análisis estadístico realizado a los diferentes parámetros productivos y de composición de la leche, se distinguieron diferentes comportamientos, los cuales se pueden observar conjuntamente en la Tabla 8.

Tabla 8: PLcd, MG, MP, urea, LA y ESM y el p valor de cada uno según el efecto del lote y de la semana. CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino.

	Grupos				ESM		p valor	
	CTR	CO	GI	LI	Lote	Semana	Lote	Semana
PLcd (kg)	1,78	1,83	1,73	1,54	0,0856	0,0473	0,0879	0,3702
%MG	5,72 <sup>b</sup>	6,21 <sup>ab</sup>	6,63 <sup>a</sup>	5,93 <sup>b</sup>	0,1351	0,0711	<,0001	0,2937
%MP	4,19 <sup>b</sup>	4,34 <sup>ab</sup>	4,53 <sup>a</sup>	4,23 <sup>b</sup>	0,0672	0,03871	0,0038	<,0001
%ESM	9,94 <sup>c</sup>	10,28 <sup>ab</sup>	10,56 <sup>a</sup>	9,98 <sup>bc</sup>	0,1012	0,0645	<,0001	0,0161
%LA	5,09 <sup>ab</sup>	5,2 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>	5,02 <sup>b</sup>	0,0399	0,0286	0,0087	0,0625
Urea (mg/l)	332,23 <sup>b</sup>	297,63 <sup>bc</sup>	387,49 <sup>a</sup>	273,32 <sup>c</sup>	13,43	7,72	<,0001	<,0001

Nota. Los superíndices indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre semanas dentro de cada lote (diferencias dentro de cada columna).

En cuanto a la PLcd no se encontraron diferencias significativas ni en el lote ni en la semana. Este resultado confirma lo observado con el análisis de la PLd, ya que en las semanas 4 y 5 (las del muestreo) tampoco se observaron diferencias significativas ni entre grupos ni entre semanas. Además, al corregir la PLd con el contenido de MP y MG las diferencias entre grupos se diluyeron (igualando aún más los valores de PLcd entre los grupos), ya que el CTR, que fue uno de los que más PLd obtuvo, fue el grupo con los contenidos en MG y MP más bajos. Por el contrario, el GI que presentaba unos valores significativamente menores en PLd, al tener los mayores valores de MG y MP alcanzó un valor similar de PLdc al grupo CTR (Tabla 8). El grupo de CO pasó a ser el grupo con mayor PLcd, ya que presentaba una PLd significativamente similar al grupo CTR y una composición similar al grupo GI, por lo que se situaba en un término medio entre producción de leche y contenido de MG y MP. Finalmente, el grupo LI fue el que mostró los valores más bajos de PLcd de todos los grupos, ya que fue uno

---

de los grupos con menor producción y sus valores de MG y MP eran significativamente similares al grupo CTR.

En el caso del contenido de MG de la leche se encontraron diferencias significativas debidas únicamente al efecto lote ( $p < 0,0001$ ). El grupo GI mostró un mayor contenido de MG, similar al grupo CO y superior a los grupos de CTR y LI, que a su vez no mostraron diferencias significativas con el grupo de CO (Tabla 8). La mayor concentración en GI se pudo deber al efecto dilución de la leche, es decir, que a menores producciones de leche, mayores concentraciones de MG se esperan (Briñez et al., 2008). Estos resultados llaman la atención contrastándolos con la bibliografía encontrada, ya que los animales alimentados con girasol presentan menos grasa pero no una disminución en la producción. No obstante, en el presente trabajo el grupo GI es uno de los grupos con menos PLd, por lo que el aumento de MG se puede atribuir a la relación inversa que tiene con la producción, sumado a que en dietas con una alta relación forraje concentrado la inclusión de semillas oleaginosas en la dieta no suele generar un descenso en la MG de la leche (Angulo et al., 2008). En el caso del grupo de CO, no presentó diferencias significativas con el grupo CTR, lo cual coincide con la bibliografía consultada (Amores et al., 2014; Mandanuliz et al., 2019). El grupo LI es el que más controversia produce, ya que al igual que el GI fue uno de los grupos que menor PLd obtuvo, por lo que se esperaba que por efecto de la dilución mostrara unos valores similares a los del GI. No obstante, estos valores fueron significativamente inferiores. Este resultado podría deberse al síndrome de depresión de grasa producido por posibles alteraciones en la biohidrogenación en el rumen derivadas por una alta inclusión de AGPI en la dieta (Prieto-Manrique et al., 2016), dando lugar a una posible mayor producción de AG *trans*, los cuales inhiben las enzimas necesarias para la síntesis de grasa en la glándula mamaria (Granados-Rivera y Hernández-Mendo, 2018). No obstante, estos resultados no se pudieron confirmar con el perfil de AG facilitado por el laboratorio. Además, tal y como observaron Mandaluniz et al (2010) con ovejas alimentadas con alperujo, los resultados parecen indicar que en el grupo LI la reducción de la grasa láctea también podría deberse a que las ovejas derivaran la energía a depositar grasa corporal en vez de a la grasa láctea (incrementando la CC, ver resultados en el apartado 5.1.). Finalmente, los resultados parecen indicar que los grupos CTR y LI fueron los que más acusaron la falta de agua, con una marcada reducción en la MG y en contenido total de sólido de la leche en general.

En el caso de la MP, esta mostró diferencias significativas entre lotes ( $p = 0,0038$ ) y entre semanas ( $p < 0,0001$ ), pero no para su interacción ( $p > 0,05$ ). Respecto al lote, el de GI fue el que mostró un mayor contenido en MP, siendo significativamente mayor que los de CTR y LI. El lote de CO mostró valores medios (Tabla 8), es decir, se observó la misma tendencia que con la MG. En cuanto al efecto de la semana, se vio un incremento significativo de MP en la semana 5 (muestreo 2), con un valor de 4,42 % frente a 4,22 % en la semana 4 (muestreo 1). Estos resultados, una vez más demostraron el efecto de la dilución durante la curva fisiológica de lactación, ya que según va disminuyendo la PLd a medida que la curva de lactación avanza los niveles de MP en leche aumentan (Harding, 1995).

El contenido de ESM de la leche mostró efectos significativos del lote ( $p < 0,0001$ ), y la semana ( $p = 0,0161$ ), pero no para su interacción ( $p > 0,05$ ). Respecto a los lotes, GI fue el grupo que presentó un mayor contenido de ESM y similar a CO. Este a su vez mostró un contenido similar al de LI y a su vez este mostró valores similares al de CTR (Tabla 8). Estos valores están estrechamente relacionados con los contenidos de MG y MP. Cabe destacar la posición de grupo CTR en este parámetro, en el cual presento diferencias significativas respecto al grupo CO (con el cual no presentaba diferencias significativas en los parámetros de MG y MP). Esto

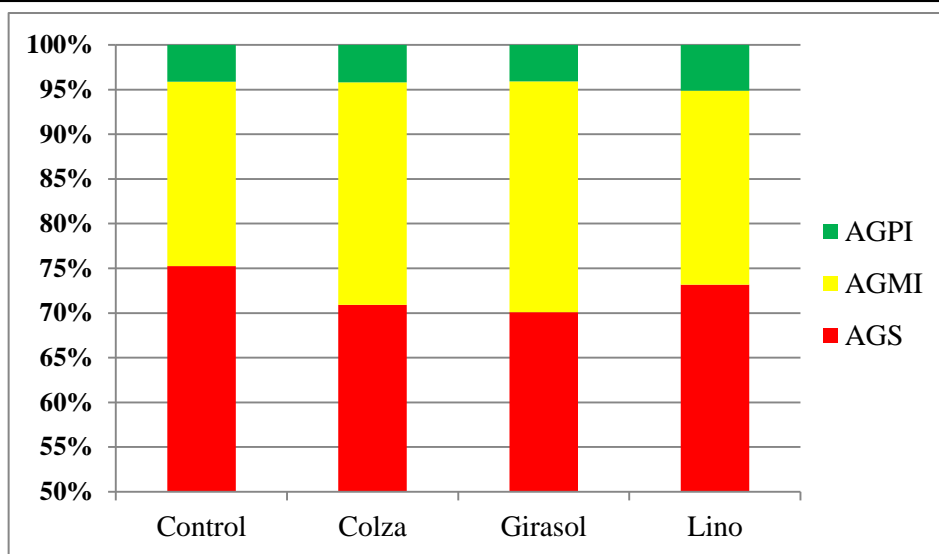
se pudo deber a que al tener los valores más bajos en los anteriores parámetros, la diferencia presentada en conjunto fuera mayor y que se situara muy por debajo de los demás junto al LI, que le pudo ocurrir algo similar pero no tan acentuado. En cuanto al efecto semana, la semana 5 mostró un mayor contenido de ESM (10,29 %) que el de la semana 4 (10,09 %), lo cual se puede asociar al efecto dilución que se da durante la curva de lactación.

En el caso del contenido de lactosa de la leche, únicamente el efecto fijo de lote ( $p=0,0021$ ) mostró efectos significativos. El grupo de LI fue el que presentó menor contenido de lactosa, mostrando diferencias significativas con los grupos de GI y CO, pero no con el CTR. El menor contenido de lactosa del grupo LI se considera normal, ya que a menores producciones de leche, se da una menor producción de lactosa (Harding, 1995). No obstante, sorprende el contenido que mostró el CTR, ya que era el grupo que más PLd obtuvo por lo que se esperaban valores superiores de lactosa. Este resultado pudo deberse a los problemas con el suministro de agua, ya que se da una bajada muy brusca el segundo día de muestreo tanto en el grupo de LI y el CTR. Cabe señalar la tendencia observada en el grupo CTR que, aunque se diera ese descenso el segundo día, logró volver a valores similares a los grupos CO y GI (Figura 15). No ocurre lo mismo con el grupo LI, que aunque tuviera un ascenso después de la bajada, volvió a descender siendo el grupo que mostro un valor más bajo en el muestreo final.

Finalmente, el contenido de urea en leche presentó diferencias significativas debidas al efecto del lote ( $p<,0001$ ) y la semana ( $p<,0001$ ) pero no a su interacción ( $p>0,05$ ). En el caso del lote, GI mostró un contenido significativamente mayor de urea que los demás, excepto con el grupo CO, que a su vez no mostró diferencias significativas con los otros dos lotes (Tabla 8). Respecto al efecto de la semana, en la semana 5 se observaron contenidos significativamente menores de urea, que en la semana 4. Esto pudo deberse a la alta degradabilidad de la proteína del girasol.

## 5.4. Perfil de ácidos grasos

El perfil de AG medio de la leche a lo largo del ensayo fue de  $72,36\pm 2,32$  % AGS y  $27,64\pm 2,32$  % AGI, de los cuales  $23,25\pm 2,49$  % fueron AGMI y  $4,39\pm 0,50$  % AGPI. Dentro de los AGPI, la leche tuvo de media  $1,59\pm 0,33$  % n3,  $2,34\pm 0,15$  % n6, una relación n6/n3 de  $1,51\pm 0,23$  y  $0,44\pm 0,08$  % CLA. El IA medio fue de  $2,22\pm 0,39$ . En la Figura 17 se pueden observar las diferencias encontradas entre los grupos experimentales respecto a los distintos grupos de AG. El grupo CTR fue el que mayor porcentaje de AGS mostró, superando el 75%, en cuanto al total de AGI (AGMI+AGPI) los grupos de CO y GI obtuvieron un mayor porcentaje, no obstante, el grupo de LI mostró un mayor contenido de AGPI, superando el 5%.



**Figura 17: Porcentajes de AGS, AGMI y AGPI de los grupos del ensayo.**

En cuanto al análisis estadístico realizado (Tabla 9), el efecto semana solo presentó diferencias estadísticamente significativas en el caso de C12:0, C14:1 y C17:0 y la interacción entre “lote x momento” no tuvo efecto significativo ( $p > 0,05$ ) en ninguno de los AG analizados.

En cuanto al efecto del lote, se ven efectos significativos en varios AG, así como en la mayoría de los grupos de AG y relaciones analizadas. Comenzando con los AG de cadena corta (SNOVO), se vio que en su conjunto mostraron diferencias estadísticamente significativas, marcadas por el AG C16:0 (Tabla 9). Tanto el C16:0 como los AG de SNOVO mostraron la misma tendencia, siendo el grupo CTR el que presentó una cantidad más elevada, seguido del LI que no mostró diferencias significativas ni con CTR ni con los otros dos grupos (Tabla 9). Estos AG de cadena corta derivan principalmente de la fermentación ruminal. Este tipo de fermentación se da por la acción microbiana ante el almidón de los cereales, por lo que se considera normal que el grupo CTR muestre un mayor contenido en estos AG, ya que en la formulación de su pienso se introdujo una mayor cantidad de cereales (Tabla 3, apartado 4.2.1.). A su vez, el grupo LI mostró un resultado similar al grupo CTR lo que pudo deberse a que en la formulación del pienso se introdujo una mayor cantidad de cebada que en los otros dos piensos.

**Tabla 9: Lsmean de los AG y sus interacciones analizadas y el valor p de cada uno según el efecto del lote y de la semana. CTR: control, CO: colza; GI: girasol y LI: lino.**

	Grupos				p valor	
	CTR	CO	GI	LI	Lote	Semana
<b>C4:0</b>	32,89	37,71	32,25	35,3	0,1406	0,1694
<b>C6:0</b>	25,35	24,92	22,91	25,41	0,5704	0,1549
<b>C8:0</b>	22,63	21,51	20,29	22,64	0,4080	0,0642
<b>C10:0</b>	47,34	34,38	35,69	39,43	<b>0,0348*</b>	0,4948
<b>C11:0</b>	0,75	0,49	0,53	0,61	0,0594	0,0764
<b>C12:0</b>	28,8	25,12	24,88	27,28	0,1343	0,0419
<b>C13:0</b>	0,76	0,6	0,67	0,69	0,4058	0,0538
<b>C14:0</b>	67,38	59,43	65,12	61,91	0,6729	0,1586
<b>C14:1</b>	1,27	1,23	1,16	1,19	0,6317	0,0033
<b>C15:0</b>	7,24	6,99	7,15	7,48	0,7899	0,0124
<b>C16:0</b>	343,69 <sup>a</sup>	262,92 <sup>b</sup>	262,65 <sup>b</sup>	275,98 <sup>ab</sup>	<b>0,0104</b>	0,7938
<b>C16:1</b>	23,63 <sup>a</sup>	20,34 <sup>ab</sup>	19,12 <sup>b</sup>	20,48 <sup>ab</sup>	0,0139	0,8745
<b>C17:0</b>	9,66	9,43	9,33	9,96	0,2033	0,0036
<b>C18:0</b>	119,18 <sup>b</sup>	149,83 <sup>ab</sup>	179,00 <sup>a</sup>	179,29 <sup>a</sup>	<b>0,0203</b>	0,2111
<b>C18:1 c9</b>	169,27 <sup>c</sup>	201,79 <sup>ab</sup>	224,49 <sup>a</sup>	182,54 <sup>bc</sup>	<b>0,0007</b>	0,0966
<b>C18:2 c9c12</b>	21,26	19,7	19,51	22,41	0,2899	0,9198
<b>C18:3 c9c12c15</b>	12,84 <sup>b</sup>	12,72 <sup>b</sup>	14,22 <sup>b</sup>	19,62 <sup>a</sup>	<b>0,0002</b>	0,7652
<b>C20:0</b>	2,60 <sup>b</sup>	3,53 <sup>a</sup>	3,67 <sup>a</sup>	3,52 <sup>a</sup>	<b>0,0027</b>	0,7891
<b>C20:1</b>	0,36 <sup>b</sup>	0,73 <sup>a</sup>	0,49 <sup>b</sup>	0,51 <sup>b</sup>	<b>0,0001</b>	0,0977
<b>C20:4 c5c8c11c14</b>	1,38	1,32	1,29	1,3	0,6108	0,8401
<b>C21:0</b>	0,41 <sup>b</sup>	0,36 <sup>b</sup>	0,53 <sup>a</sup>	0,39 <sup>b</sup>	<b>0,0026</b>	0,7536
<b>C22:0</b>	0,92 <sup>b</sup>	1,04 <sup>b</sup>	1,81 <sup>a</sup>	1,12 <sup>b</sup>	<b>&lt;,0001</b>	0,2831
<b>CLA c9t11</b>	3,23 <sup>b</sup>	3,88 <sup>b</sup>	3,68 <sup>b</sup>	4,95 <sup>a</sup>	<b>&lt;,0001</b>	0,1446
<b>CLA t10c12</b>	0,18	0,12	0,17	0,14	0,5114	0,319
<b>SNOVO</b>	576,82 <sup>a</sup>	474,06 <sup>b</sup>	472,12 <sup>b</sup>	496,74 <sup>ab</sup>	<b>0,0381</b>	0,5265
<b>AGS</b>	709,58	638,24	666,46	691,01	0,3708	0,9534
<b>AGMI</b>	194,54 <sup>b</sup>	224,09 <sup>ab</sup>	245,26 <sup>a</sup>	204,71 <sup>b</sup>	<b>0,017</b>	0,1155
<b>AGPI</b>	38,89 <sup>b</sup>	37,73 <sup>b</sup>	38,87 <sup>b</sup>	48,42 <sup>a</sup>	<b>0,0006</b>	0,8584
<b>AGI</b>	233,43 <sup>b</sup>	261,82 <sup>ab</sup>	284,13 <sup>a</sup>	253,13 <sup>ab</sup>	<b>0,0025</b>	0,1056
<b>CLA</b>	3,41 <sup>c</sup>	4,00 <sup>b</sup>	3,85 <sup>bc</sup>	5,09 <sup>a</sup>	<b>&lt;,0001</b>	0,3232
<b>n6</b>	22,64	21,02	20,8	23,71	0,2941	0,9138
<b>n3</b>	12,84 <sup>b</sup>	12,72 <sup>b</sup>	14,22 <sup>b</sup>	19,62 <sup>a</sup>	<b>0,0002</b>	0,7652
<b>n6:n3</b>	1,79 <sup>a</sup>	1,67 <sup>ab</sup>	1,47 <sup>ab</sup>	1,22 <sup>b</sup>	<b>0,0311</b>	0,5788
<b>IA</b>	2,74 <sup>a</sup>	2,02 <sup>b</sup>	1,93 <sup>b</sup>	2,18 <sup>b</sup>	<b>0,0012</b>	0,0831
<b>AGPI/AGS</b>	0,06 <sup>b</sup>	0,06 <sup>ab</sup>	0,06 <sup>ab</sup>	0,07 <sup>a</sup>	<b>0,0232</b>	0,8757
<b>AGI/AGS</b>	0,33 <sup>c</sup>	0,41 <sup>ab</sup>	0,43 <sup>a</sup>	0,37 <sup>bc</sup>	<b>0,0002</b>	0,1829

**Nota.** Los superíndices indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre semanas dentro de cada lote (diferencias dentro de cada fila).

\* Aunque mostró  $p < 0,05$  no se observaron diferencias significativas en la comparaciones dobles.

Respecto a los AGS de cadena larga, se encontraron tendencias diferentes en cada grupo. En el caso del ácido esteárico (C18:0), los grupos LI y GI no mostraron diferencias significativas entre ellos ni con CO y a su vez este último fue similar al CTR. Este resultado se considera lógico, ya que las semillas de lino y girasol son las que contienen un mayor porcentaje de C18:0 en su composición (Tablas FEDNA<sup>5</sup>) y no sufre alteraciones en el rumen. Además, otra cantidad de este AG presente en la leche pudo ser derivado de la biohidrogenización del C18:1 presente en la dieta, lo cual explica también la cantidad de C18:0 presente en la leche del grupo de CO, ya que contiene un valor elevado de C18:1.

En cuanto al C20:0, los grupos alimentados con semillas oleaginosas no mostraron diferencias significativas entre ellos pero sí respecto al grupo CTR, el cual mostró un valor inferior. En el caso del C21:0 y C22:0 el grupo GI mostró significativamente mayor contenido respecto a los demás grupos (Tabla 9). Estos resultados en los AGS de cadena larga junto a los del C18:0 y los de cadena corta hicieron que el efecto del grupo CTR frente a los demás grupos se diluyera, de este modo, no se encontraron efectos significativos en la cantidad de AGS totales.

Pasando a los AG de mayor interés desde el punto de vista de la salud humana, el oleico (C18:1 cis-9) o el alfa-linolénico (C18:3 c9c12c15) presentaron diferencias estadísticamente significativas en función del tipo de alimentación recibida por las ovejas. Por una parte, los grupos alimentados con tortas de oleaginosas presentaron valores significativamente mayores de ácido oleico frente al CTR, aunque este no presentó diferencias frente al grupo de CO. Estos resultados podrían derivar tanto de la biohidrogenación del C18:2 como del C18:3 presentes en las semillas oleaginosas. De hecho, los resultados son proporcionales a las cantidades encontradas en las semillas, es decir, las semillas de girasol y lino son las que mayor porcentaje de C18:2 y C18:3 presentan (Martinez Marine et al, 2012). Por tanto, se esperaría ver una diferencia significativa en la cantidad de C18:2 presente en la leche que, no obstante, no se encontró en el presente estudio.

Por otro lado, en el ácido  $\alpha$ -linolénico (C18:3 c9c12c15), el grupo de LI presentó una cantidad significativamente superior frente a los otros grupos. Mediante este resultado se pondría de nuevo de manifiesto la posibilidad de que se diera una inhibición de la biohidrogenación en el rumen debido a la composición del lino, probablemente por la alta cantidad de AGPI, que hacen que se frene el proceso de saturación, lo cual puede resultar tóxico para las bacterias del rumen (Prieto-Manrique et al., 2016). Al frenar la biohidrogenación natural que se da en el rumen, la presencia de ácido  $\alpha$ -linolénico en la leche fue mayor en el grupo LI.

Por otro lado, en el caso de los CLA, el isómero CLA c9t11 también presentó cantidades significativamente superiores en el grupo LI, y fue el que marcó la tendencia de los CLA totales. Esto podría ser debido tanto a la actividad biológica del rumen, ya que el mayor producto de la biohidrogenación es el isómero CLA c9t11, que representa entre el 73 y 94% del total de CLA en leche (Rochfort et al., 2008; Dhiman et al., 2005), como al alto contenido de ácido  $\alpha$ -linolénico del lino (Tablas FEDNA).

<sup>5</sup> <http://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo>

Respecto a los grandes grupos en los que se dividen los AG, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todos excepto en los ya mencionados AGS. En el caso de los AGMI el grupo de GI presentó una mayor cantidad, seguido del grupo de CO, que no mostró diferencias respecto al grupo de GI ni respecto al resto. Estos resultados mostraban relación con los resultados encontrados en otros trabajos (Mohammed et al., 2011), y vienen de la alta cantidad de AGMI que contienen las semillas de girasol y colza (Tablas FEDNA).

En cuanto a los AGPI, el grupo de LI fue el que destacó frente a los demás, mostrando cantidades significativamente superiores (Tabla 9). Este resultado coincide con la bibliografía consultada (Mohammed et al., 2011; Goodridge et al., 2001), ya que la mayor parte de los AG que se encuentran en las semillas de lino son del grupo de los poliinsaturados y no todos sufren el proceso de biohidrogenación en el rumen. Además, tal y como se ha indicado anteriormente, en el grupo de LI se pudo dar una retención parcial de la biohidrogenación, por lo que gran parte de los AGPI provenientes de la semilla pasarían a leche directamente o ligeramente saturados, sin llegar a una saturación completa.

Fijándose en la totalidad de los AGI se vio que el grupo de GI fue el que mayor cantidad de AGI contenía, debido principalmente a su mayor contenido en AGMI. No obstante no mostró diferencias significativas respecto a los otros dos grupos alimentados con semillas oleaginosas, y a su vez estos dos grupos tampoco mostraron diferencias significativas respecto al grupo CTR. Este resultado está directamente relacionado con la cantidad de AGMI que contenía la leche del grupo de GI respecto a los demás, que en el total de AGI diluían las diferencias que pudiera haber en los AGPI, ya que comparativamente, las cantidades en leche eran notablemente menores.

Estos resultados, marcaron las diferencias en las relaciones de AGPI/AGS y de AGI/AGS. Respecto a la primera, los tres grupos alimentados con tortas de oleaginosas no mostraron diferencias entre sí, mientras que los grupos de CO y GI tampoco lo hicieron con el CTR. A diferencia del contenido bruto de AGPI donde el grupo de LI se diferenciaba de todos los demás, en la relación no lo hizo de los otros dos grupos experimentales ya que estos contaban con una cantidad de AGS ligeramente inferiores. En cuanto a la segunda, el grupo de GI no mostró diferencias significativas respecto al grupo de CO, que a su vez este tampoco lo hizo respecto a LI, y este último respecto al CTR. Estos resultados están directamente relacionados con los resultados de AGI explicados anteriormente.

En cuanto a los grupos más específicos, en el contenido de n6 no se observaron diferencias significativas entre grupos. En el caso del contenido de n3, en cambio, se vio un contenido significativamente mayor del grupo de LI frente a los demás. Esto fue resultado directo de la cantidad de ácido  $\alpha$ -linolénico presente en la leche, el cual es el único AG del grupo n3 que se registró en el resultado del laboratorio del perfil de AG. En el caso de la relación n6/n3 el grupo LI, al mostrar un contenido superior en n3, fue el que presentó la relación n6/n3 más baja, sin diferencias con CO y GI. Y estas a su vez no presentaron diferencias con el CTR.

Finalmente, en el IA el grupo CTR presentó un valor significativamente mayor de IA frente a los grupos alimentados con tortas de semillas oleaginosas, que no mostraron diferencias significativas entre ellos. Estos resultados vienen de la cantidad significativamente mayor que se observó en el grupo CTR de C16:0 (que tiene un peso importante en el cálculo del IA) y de la

---

mayor cantidad de AGI presente la leche de los grupos alimentados con tortas de semillas oleaginosas, que hizo que el valor del IA disminuyera frente al grupo CTR.

## 5.5. Consideraciones finales

En el presente trabajo se compararon simultáneamente 4 dietas, tres de ellas formuladas con torta obtenida a partir de semillas oleaginosas prensadas en frío y una cuarta control con pienso comercial, con el objetivo de determinar cuál de ellas sería la mejor alternativa para las explotaciones de ovino lechero de raza Latxa en función de los resultados técnico-económicos, ambientales o de calidad de la leche obtenidos.

En cuanto a lo que se refiere a la calidad de la leche obtenida, y en concreto al perfil de ácidos grasos en relación a la salud humana, la leche obtenida con las dietas formuladas con torta de oleaginosas presentó un perfil de ácidos grasos más saludable que la leche control. Entre estos grupos destaca el grupo LI, que presentó un valor superior en los ácidos grasos poliinsaturados y CLA, relacionados directamente con beneficios para la salud, como son el ácido linoleico, los ya mencionados CLA y el ácido  $\alpha$ -linolénico.

Respecto a parámetros técnico-económicos, el grupo CO fue el que mejores resultados presentó. Aunque no se vieron diferencias significativas en la PLdc, realizando una estimación de los ingresos que generaría la leche de cada grupo. Así, y tomando como referencia el precio estándar del pago por la calidad de la leche de la campaña 2020-2021, el grupo CO obtendría un 3% más de ingresos que el grupo CTR, y los grupos GI y LI un 5% y un 12% menos, respectivamente. Por otro lado, comparando los aspectos productivos de los grupos CO y GI, se observa que aunque el grupo GI presenta unos valores superiores de MG y MP y, por lo tanto, un precio algo superior, los ingresos estimados para el grupo CO serían mayores debido a su mayor producción lechera.

Finalmente, desde un punto de vista medioambiental, el grupo GI presentó un incremento significativo en el nivel de urea en la leche, aspecto que no interesa.

Por lo tanto, basándonos en el objetivo principal del proyecto NUTFOOD de obtener un producto saludable desde el punto de vista de salud humana, los mejores resultados los presentó el grupo LI debido al mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados y CLA de la leche obtenida. Ahora bien, basándonos en aspectos técnico-económicos, los mejores resultados se observaron en el grupo CO, ya que presentó una mejora en el perfil de ácidos grasos respecto a la dieta CTR (aunque menor que el grupo LI), los parámetros técnicos fueron buenos (contenido en MG, MP y ESM) y los ingresos esperados serían algo superiores.

Por último, desde un punto de vista general, la inclusión de torta de colza en los concentrados utilizados para la suplementación de los rebaños de oveja Latxa durante la lactación se podría enmarcar dentro de un trabajo colaborativo entre agricultores y ganaderos (pastores) en claves de economía circular y de productos Km0, en el que podrían colaborar conjuntamente agricultores del País Vasco y Navarra. De esta manera, además de incluir un cultivo alternativo en las rotaciones del cereal y beneficioso desde el punto de vista agronómico, se podría reducir la dependencia que el sector ganadero tiene de la soja como fuente proteica y del aceite de palma como fuente de energía. Además, este tipo de colaboraciones estarían alineados con el cumplimiento del Reglamento Delegado 664/2014 de la UE (Jauregui, 2019), que exige que los productos de origen animal obtenidos bajo una DOP, como es el caso de la



---

DOP Idiazabal, sean producidos mediante la alimentación de los animales con materias primas que procedan de la zona geográfica delimitada por esa DOP, como mínimo en un 50%.

---

---

## 6. Conclusión

Con el material métodos empleados, y a partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Todos los lotes presentaron una PLd típica para la raza Latxa y adecuada para el momento de la curva de lactación en la que se encontraban. Además, todos los lotes mantuvieron e incluso incrementaron su PV y CC a lo largo del ensayo, lo cual indica que la inclusión de torta de oleaginosas producidas a nivel local en la dieta de ovino lechero puede ser una buena alternativa como alimentación km0, economía circular, asociación con productores locales.

- Las ovejas alimentadas con pienso control presentaron significativamente mayor PLd junto a las alimentadas con colza, mientras que las ovejas alimentadas con torta de lino presentaron los valores más bajos en este parámetro. Al corregir esta producción lechera con su contenido de grasa y proteína, la PLc fue similar para todos los grupos.

- Respecto a la composición de la leche, las ovejas alimentadas con torta de girasol y colza presentaron los valores más altos de MG, MP y ESM en leche. Por otro lado, la leche de ovejas alimentadas con lino presentó los valores más bajos de LA, parámetro que coincidió con una menor PLd.

- En relación al perfil de AG, la leche proveniente de las ovejas alimentadas con los piensos elaborados con tortas de oleaginosas presentó una mayor cantidad de AGI que la leche obtenido de ovejas alimentadas con el pienso control (ej: C18:1-c9 el grupo girasol, C18:3-c9c12c15 el grupo lino y C20:1 el grupo colza).

- La leche de ovejas alimentadas con torta de girasol presentó valores significativamente más altos de AGMI (C18:1-c9 y AGMI totales) y de AGI totales, así como los valores más bajo de IA, debido principalmente a su mayor contenido en AGMI.

- La leche de ovejas alimentadas con torta de lino presentó los valores significativamente más altos de CLA (c9-t11 y CLA totales) y de AGPI (C18:3-c9c12c15; AGPI totales y n3), así como el valor significativamente más bajo de n6/n3.

- Los grupos alimentados con semillas de oleaginosas presentaron un IA inferior al grupo control.

- Finalmente, a pesar de que en cuanto a salud humana los mejores resultados los obtuvo el grupo alimentado con lino, la colza tendría más interés desde un punto de vista técnico-económico, ya que aparte de mejorar el perfil de AG respecto al grupo control, los parámetros zootécnicos son más favorables.

---

---

## 7. Bibliografía

### 7.1. Documentos editados

- Addis, M., Cabiddu, A., Pinna, G., Decandia, M., Piredda, G., Pirisi, A. y Molle, G. (2005). Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed mediterranean forages with reference to conjugated linoleic acid cis-9, trans-11. *Journal of Dairy Science*, 88(10): 3443-3454.
- Altomonte, I., Conte, G., Serra, A., Mele, M., Cannizo, L., Salari, F. y Martini, M. (2019). Nutritional characteristics and volatile components of sheep milk products during two grazing seasons. *Small Ruminant Research*, 180: 41-49.
- Amores, G., Virto, V., Nájera, A.I., Mandaluniz, N., Arranz, J., Bustamante, M.A., Valdivielso, I., Ruiz de Gordo, J.C., García-Rodríguez, A., Barrón, L.J.R. y de Renobales, M. (2014). Rapeseed and sunflower oilcake as supplements for dairy sheep: animal performance and milk fatty acid concentrations. *Journal of Dairy Research*, 81(4): 1-7.
- Angulo, J., Mahecha, L. y Olivera, M. (2009). Síntesis, composición y modificación de la grasa de la leche bovina: Un nutriente valioso para la salud humana. *Revista MVZ Córdoba*, 14(3), 1856-1866.
- Ardiekin (2020). Catálogo de moruecos, Centro de Selección Ardiekin. Vitoria-Gasteiz
- Benhissi, H., García-Rodríguez, A. y Beltrán de Heredia, I. (2014). Effect of type and inclusion level of cold-pressed oilseed cakes on in vitro rumen fermentation. *Animal Production Science*, 54: 1709-1713.
- Bocquier, F., Barillet, F., Guillouet, P. y Jacquin, M. (1993). Prévission de l'énergie du lait de brebis à partir de différents résultats d'analyses: proposition de lait standard pour les brebis laitières. *Ann Zootech*, 42:57-66
- Briñez, W. J., Valbuena, E., Castro, G., Tovar, A. y Ruiz-Ramírez, J. (2008). Algunos parámetros de composición y calidad en leche cruda de vacas doble propósito en el municipio machiques de perijá. *Revista Científica*, 18(5), 607-617.
- Calsamiglia, S., 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. XIII Curso de Especialización de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA), 16 pp. Madrid.
- Chouinard, P. Y., Corneau, L., Butler, W. R., Chilliard, Y., Drackley, J. K. y Bauman, D. E. (2001). Effect of Dietary Lipid Source on Conjugated Linoleic Acid Concentrations in Milk Fat. *Journal of Dairy Science*, 84: 680-690.
- Christie, W.W., 1982. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesteryl esters. *Journal of Lipid Research*, 23(3): 1072-1075.
- de Renobales, M., Amores, G., Arranz, J., Virto, M., Barrón, L.J.R., Bustamante, M.A., Ruiz de Gordo, J.C., Nájera, A.I., Valdivielso, I., Albilleira, E., Beltrán de Heredia, I., Pérez-Elortondo, F.J., Ruiz, R., Albizu, M. y Mandaluniz, N. (2012). Part-time grazing improves sheep milk production and its nutritional characteristics. *Food Chemistry*, 130 : 90-96.

- 
- Eguinoa, P. y Lasarte, J.M. (2013). Calidad de leche y queso de oveja Latxa. Estudio sobre el efecto que causan el sistema de manejo y la alimentación. *Navarra Agraria*. Número 201: noviembre-diciembre 2013
- Esteban Muñoz, C. (2003). *Razas Ganaderas Españolas Ovinas*. España. Ed.: C. Esteban Muñoz, FEAGAS y MAPA, pp: 470
- Evans, D.G., 1978. The interpretation and analysis of subjective body condition scores. *Animal Science*, 26: 119–125.
- Ghaeni, M., Khadijeh, N.G. y Landan Zaheri. (2013). Fatty acids profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices in *Leiohgnathusbindus* and *Upeneussulphureus*. *Journal of Marine Science. Research & Development*, 3.4: 1
- Goiri, I., Zubiria, I., Benhissi, H., Atxaerandio, R., Ruiz, R., Mandaluniz, N. y Garcia-Rodríguez, A. (2019). Use of Cold-Pressed Sunflower Cake in the Concentrate as a Low-Input Local Strategy to Modify the Milk Fatty Acid Profile of Dairy Cows. *Animals*, 9(10): 803.
- Gómez, C., Bermejo, L.M.<sup>a</sup> y Loria, V. (2011). Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations. *Nutrición Hospitalaria*, 26(2):323-329
- González- Rodríguez, A., Vázquez. O.P., Roca, A.I. y Fernández, J.A. (2009). Contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche de vacuno en sistemas de producción en pastoreo en zonas húmedas. *XLVIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*. Huesca.
- Goodridge, J., Ingalls, J. R. y Crow, G. H. (2001). Transfer of omega-3 linolenic acid and linoleic acid to milk fat from flaxseed or Linola protected with formaldehyde. *The Canadian veterinary journal*, 81(4): 525-532.
- Granados-Rivera, L.D. y Hernández-Mendo, O. (2018). Síndrome de depresión de grasa láctea provocado por el isómero trans-10, cis-12 del ácido linoleico conjugado en vacas lactantes. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(3): 536-564.
- Hassoun, P. y Bocquier, F. (2007). Alimentation des ovins. En: *Alimentation Des Bovins, Ovins et Caprins. Besoins Des Animaux-Valeurs Des Aliments. Tables Inra 2007* (pp. 121–136). Versailles Cedex, Francia: Éditions Quae.Gonza
- Jauregui, A. (2019). *Caracterización de la alimentación de los rebaños de ovino lechero de Navarra adscritos a la DOP Idiazabal y puesta en común con los resultados de los rebaños de la CAV*. (Trabajo de fin de Grado). Universidad Pública de Navarra, Pamplona.
- Mandaluniz, N., 2003. *Pastoreo del ganado vacuno en zonas de montaña y su integración en los sistemas de producción de la CAPV* (Tesis de Doctorado). Universidad del País Vasco, Vitoria-Gazteis.
- Mandaluniz, N., Díaz de Otálora, X., García-Rodríguez, A., Arranz, J., Ugarte, E. y Ruiz, R. (2019).  $\Omega$ 3-rich natural sources as raw material for livestock feeding: zootechnical response of dairy sheep. *Book of Abstracts of 70th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*. Session 07, Poster 40.
-

- Mandaluniz, N., Díaz de Otálora, X., Olazarán, I., Arranz, J., Olañeta, A., Andonegi, N. y Ruiz, R. (2018). Feeding with  $\Omega$ 3-rich natural sources increases the polyunsaturated fatty acid profile of dairy sheep products; preliminary results. *Food Factor Conference*, 18. Torremolinos-Málaga.
- Mandaluniz, N., Goiri, I., Arranz, J. I., Molina, M., García-Rodríguez, A. y Ruiz R. (2018). Caracterización de la alimentación de los rebaños de ovino lechero de la CAPV adscritos a la DOP Idiazabal: resultados preliminares. *57ª reunión científica de la sociedad Española de pastos*, 59-66.
- Mandaluniz, N., Larronde, E., Amores, G., Virto, G., Barrón, L.J.R., Abillera, E., Arranz, J., Ruiz de Gordo, E.J.C., Nájera, A., Ruiz, R., Albisu, M., Pérez de Elortondo, F.J. y de Renobales, M. (2010). Calidad de la leche de ovejas alimentadas con subproductos procedentes de las empresas transformadoras de aceitunas: Resultados preliminares. *XXXV congreso de la SECO*, Valladolid.
- Manso, T., Gallardo, B. y Guerra-Rivas, C. (2016). Modifying milk and meat fat quality through feed changes. *Small Ruminant Research*, 142: 31-37.
- Marijuán, S. (1996). *El pastoreo en comunales: estudio del comportamiento de ovejas y la utilización de los recursos disponibles*. (Tesis de Máster). Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, Zaragoza.
- Martinez Marin, A. L., Gomez-Cortes, P., Gomez Castro, G., Juarez, M., Perez Alba, L., Perez Hernandez, M. y de la Fuente, M. A. (2012). Effects of feeding increasing dietary levels of high oleic or regular sunflower or linseed oil on fatty acid profile of goat milk. *Journal of Dairy Science*, 95: 1942-1955.
- MLC. 1975. Body condition scoring of ewes. Sheep Improvement Service. Meat and Livestock Commission. United Kingdom.
- Mohammed, R., McGinn, S.M. y Beauchemin, K.a. (2011). Prediction of enteric methane output from milk fatty acid concentrations and rumen fermentation parameters in dairy cows fed sunflowers, flax, or canola seeds. *Journal of Dairy Science*, 94: 6057-6068.
- Morsy, T.A., Kholif, S.M., Kholif, A.E., Matloup, O.H., Salem, A.Z.M. y Abu Elella, A. (2015). Influence of Sunflower Whole Seeds or Oil on Ruminant Fermentation, Milk Production, Composition, and Fatty Acid Profile in Lactating Goats. *Asian Australas. J. Anim. Sci.*, 28 (8):1116-1122.
- Møller, Anders. (2011). Fatty Acid Molecular Weights and Conversion Factors. *Danish Food Information*.
- Nájera, A.I., Bustamante, M.A., Albisu, M., Valdivielso, I., Amores, G., Mandaluniz, N., Arranz, J., Barrón, L.J.R. y de Renobales, M. (2017). Fatty acids, vitamins and cholesterol content, and sensory properties of cheese made with milk from sheep fed rapeseed oilcake. *Journal of Dairy Research*, 100 (9):6962-6971.
- Nudda, A., Battacone, G., Boaventura Neto, O., Cannas, A., Dias Francesconi, A.H., Stanislao Atzori, A. y Pulina, G. (2014). Feeding strategies to design the fatty acid profile of sheep milk and cheese. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(8): 445-456.

- 
- Nudda, A., McGuire, M.A., Battacone, G. y Pulina, G. (2005). Seasonal Variation in Conjugated Linoleic Acid and Vaccenic Acid in Milk Fat of Sheep and its Transfer to Cheese and Ricotta. *Journal of Dairy Science*, 88 (4): 1311–1319.
- Pineda, E., Sanchez-Romero, L.M., Brown, M., Jaccard, A., Webber, L., Jewell, J. y Breda, J. (2016). Achieving the 2025 WHO global health body-mass index targets: a modelling study on progress of the 53 countries in the WHO European region. *The Lancet*, 388 (2): S90.
- Prieto-Manrique, E., Mahecha-Ledesma, L., Angulo-Arizalar, J. y Vargas-Sánchez, J.E. (2016). Efecto de la suplementación lipídica sobre ácidos grasos en leche de vaca, énfasis en ácido ruménico. *Agronomía Mesoamericana*, 27 (2): 421-437.
- Purroy, A., Bocquier, F. y Gibon, A. (1987). Methods D'estimation de L'état corporel chez la brebis. Presented at the Symposium "Philoestius," Portugal, pp. 182–201.
- Rodríguez-Cruz, M., Tovar, A. R., del Prado, M. y Torres, N. (2005). Mecanismos moleculares de acción de los ácidos grasos poliinsaturados y sus beneficios en la salud. *Revista De Investigación Clínica*, 57(3): 457-472.
- Rochfort, S., Parker, A.J. y Dunshea, F.R. (2008). Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry*, 69:299- 322.
- Dhiman, T.R., Nam, S. y Ure, A.L. (2005). Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid Content in Milk and Meat. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 45:463-482.
- Ruiz, R., Díez-Unquera, B., Beltrán de Heredia, I., Arranz, J., Mandaluniz, N. y Ugarte, E. (2011). Is cheese making and marketing by farmers determining sustainability in dairy sheep?
- Ruiz, R., Oregui, L.M. y Herrero, M. (2000) Comparison of Models for Describing the Lactation Curve of Latxa Sheep and an Analysis of Factors Affecting Milk Yield. *Journal of Dairy Science*, 88 (11): 2709-2719.
- Ruiz, R. (1999). *Análisis de los factores de explotación que afectan a la producción lechera en los rebaños de raza Latxa de la CAPV*. (Tesis de Doctorado). Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Russel, A.J.F., Doney, J.M. y Gunn, R.G. (1969). Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agric. Sci., Camb.*, 72:51-54.
- Sampelayo, M. S., Fernandez, J. R., De la Torre, G., Ramos, E., Carmona, F. D., y Boza, J. (2003). Calidad de la leche de los pequeños rumiantes. *Anales De La Real Academia De Ciencias Veterinarias De Andalucía Oriental*, 16 (1): 155-166.
- Sánchez-Séiquer, P. y Fernández, C. (2003). *Caracterización y modelización de la curva de lactación en cabras Murciano-Granadinas*. Facultad de Ciencias Experimentales y de la salud. Universidad Cardenal Herrera, Valencia.
- Sanhueza, J., Nieto, S. y Valenzuela, B. (2002). Ácido linoleico conjugado: Un ácido graso con isómeros *trans* potencialmente beneficioso. *Revista Chilena De Nutrición*, 29(2): 98-105.
- SAS, 2017. Enterprise's Guide. Cary, NC, USA.
-

---

Secchiari, P., Antongiovanni, M., Mele, M., Serra, A., Buccioni, A., Ferruzzi, G., Paoletti, F. y Petacchi, F. (2003). Effect of kind of dietary fat on the quality of milk fat from Italian Friesian cows. *Livestock Production Science*, 83(1): 43-52.

Ulbricht, T. L. V. y Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: Seven dietary factors. *Lancet*, 338: 985–992.

Valdivielso, I., Bustamante, M.A., Aldezabal, A., Amores, G., Virto, M., Ruiz de Gordo, M.C., de Renobales, M. y Barrón, L.J.R. (2016). Case study of a commercial sheep flock under extensive mountain grazing: Pasture derived lipid compounds in milk and cheese. *Food Chemistry*, 197(A): 622-633.

## 7.2. Portales/sitios web

Branca, F., R Demaio, A. y Hawkes, C. (2017). Medidas con doble finalidad para acabar con la malnutrición en un decenio. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/commentaries/detail/double-duty-actions-for-ending-malnutrition-within-a-decade>

Commission of the European Communities (2009). Options for animal welfare labelling and the establishment of a European Network of Reference Centres for the protection and welfare of animals. Recuperado de [https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/animals/docs/aw\\_other\\_aspects\\_labelling\\_report\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/animals/docs/aw_other_aspects_labelling_report_en.pdf)

Departamento de Salud del Gobierno Vasco (2017). Iniciativas para una alimentación saludable en Euskadi. Vitoria-Gasteiz. Recuperado de [https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/alimentacion\\_iniciativas\\_prog/es\\_def/adjuantos/iniciativas-alimentacion-saludable.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/alimentacion_iniciativas_prog/es_def/adjuantos/iniciativas-alimentacion-saludable.pdf)

DOP Idiazabal (2020). Recuperado de <https://www.quesoidiazabal.eus/queso-idiiazabal/descripcion>

Ferrer, J.M. (2019). Etiquetado sobre bienestar animal, ¿cómo se plantea en la Unión Europea?. Ainia. Recuperado de <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/etiquetado-bienestar-animal-union-europea/>

Organización Mundial de la Salud (2018). Las 10 principales causas de defunción. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>

Organización Mundial de la Salud (2018). Alimentación sana. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

SAS/STAT® 15.2 User's Guide (2021). SAS® Help Center. Recuperado de [https://documentation.sas.com/doc/es/statug/15.2/statug\\_mixed\\_overview.htm](https://documentation.sas.com/doc/es/statug/15.2/statug_mixed_overview.htm)

Vidal, N. (2018). Alimentación saludable, la gran tendencia de consumo actual. 7 claves orientativas. Ainia. Recuperado de <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/consumidor/alimentacion-saludable-la-gran-tendencia-de-consumo-actual-7-claves-orientativas/>