



# El cebo de corderos sin paja como alternativa al cebo tradicional: estudio técnico y económico.

*Fattening of lambs without straw as an alternative to  
traditional feeding: technical and economic study.*

## **Directores**

**Dr. Juan Vicente Delgado Bermejo**

**Dr. Pedro Luis Rodríguez Medina**

**Beatriz Agudo Freije**

**Córdoba, 2020**

TITULO: *EL CEBO DE CORDEROS SIN PAJA COMO ALTERNATIVA AL CEBO TRADICIONAL: ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO*

AUTOR: *Beatriz Agudo Freije*

---

© Edita: UCOPress. 2020  
Campus de Rabanales  
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A  
14071 Córdoba

<https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/>  
[ucopress@uco.es](mailto:ucopress@uco.es)

---



Los doctores Juan Vicente Delgado Bermejo y Pedro Luis Rodríguez Medina como directores de la tesis titulada “El cebo de corderos sin paja como alternativa al cebo tradicional: estudio técnico y económico”, realizada por Beatriz Agudo Freije, informan favorablemente, dado que reúne las condiciones necesarias para su pública defensa.

En Córdoba a 26 de diciembre de 2019

Dr. Juan Vicente  
Delgado Bermejo

Dr. Pedro Luis  
Rodríguez Medina

Memoria presentada por Beatriz Agudo Freije y dirigida por los doctores Juan Vicente Delgado Bermejo y Pedro Luis Rodríguez Medina para optar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba, dentro del programa de doctorado “Recursos Naturales y Gestión Sostenible”

Córdoba, 2020



## AGRADECIMIENTOS

Cuando me dijeron que tenía la oportunidad de hacer la tesis sobre un tema de interés para mi cooperativa pensé: «es una buena oportunidad». Pero detrás de ese pensamiento existía una completa ignorancia sobre lo que verdaderamente suponía hacer una tesis doctoral. A pesar del esfuerzo que ha supuesto compaginar el trabajo de dirección del departamento de proyectos de EA group con la elaboración de esta tesis doctoral, creo que el trabajo ha merecido la pena; desde el punto de vista técnico porque hemos podido abrir una opción de cebo diferente a nuestros cebaderos pero sobre todo, desde un punto de vista personal, he podido aprender la importancia que tiene saberte rodear de buenos colaboradores y por supuesto excelentes directores de tesis con los cuales seguiré trabajando desde una perspectiva ya más profesional.

Me gustaría dedicar este apartado de agradecimientos para hacer un alegato —si se me permite esta palabra— a favor de lo que hoy se está denominando la España vacía. Yo soy una excepción a la regla que hoy está dominando: en lugar de irme del campo a la ciudad, me fui de Madrid a un pequeño pueblo de Badajoz, Magacela. Lo hice porque así me lo pedía el cuerpo, y después de doce años sigo sin arrepentirme. Gran parte de las horas que he dedicado a la tesis lo he hecho desde casa, con mi perro Humo al lado —no siempre tranquilo— y con las vistas de la Serena dando de comer a mis ojos. Estoy segura que si la vista hubiese sido la de un perfecto muro de hormigón y ladrillo de un edificio de viviendas, esta tesis nunca se hubiera acabado. Por eso invito a todo aquél que esté leyéndome ahora a escapar hacia el mundo rural, a trabajar en él y a disfrutar de lo sólo

este espacio nos puede dar: amplitud de miras, ganas de crear y conexión con lo que verdaderamente somos.

Por último, agradecer a Juan Carlos Pozo, director de EA group por el apoyo que me ha dado en cuanto al tiempo de dedicación a la tesis. Me prometió ponerse corbata el día de la lectura de esta tesis...ahora veré si es verdad o sólo era un farol.

A Fermín Lopez Gallego que me ha enseñado muchísimas cosas, pero una sobre todas las demás: *si no se hace con pasión, no merece la pena vivirlo.*

Gracias al CEIA3 por fomentar las becas para la elaboración de tesis doctorales dentro de empresas, al IDEP por su flexibilidad a la hora de entender que los tiempos empresa-doctorando son complicados a veces, y a la Universidad de Córdoba por estar siempre cerca del campo y sus necesidades.



**Nunca algo grande se hizo sin entusiasmo**

**Ralph Waldo Edison**

## INDICE:

Resumen	13
Summary	15
1.- INTRODUCCIÓN	17
1.1.- Bibliografía .....	19
2.- OBJETIVOS	21
3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	22
3.1.- Situación mundial de censos de ovino .....	23
3.2.- Producciones mundiales de carne de ovino y su consumo .....	23
3.3.- Sistemas de producción del ovino a nivel mundial.....	25
3.4.- Censo de ovino en Europa y situación futura frente al Brexit .....	27
3.5.- Situación del ovino en España .....	29
3.5.1.- Exportación .....	32
3.6.- Sistema de producción del cordero en el Suroeste de España. EA Group y la Integración cooperativa .....	36
3.7.- INTRODUCCIÓN AL SISTEMA PRODUCTIVO SOBRE EL QUE CENTRAMOS EL TRABAJO .....	43
3.7.1.- Sistema reproductivo .....	43
3.7.2.- Uso de tratamientos hormonales .....	44
3.7.3.- Manejo reproductivo .....	45
4.- DISEÑO EXPERIMENTAL BÁSICO.	53
4.1.- Bibliografía .....	56
5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
5.1.- Estudio preliminar de la viabilidad del cebo sin paja de corderos. ....	57
5.1.1.- Introducción. ....	57
5.1.2.- Objetivos. ....	59
5.1.3.- Material y métodos. ....	59
5.1.4.- Resultados y discusión. ....	63
5.1.5.- Conclusiones parciales. ....	72
5.1.6.- Bibliografía. ....	72

5.2.-Prueba de libre elección de alimentos en corderos de cebo.....	75
5.2.1.- Introducción. ....	75
5.2.2.- Objetivos. ....	76
5.2.3.- Material y métodos. ....	76
5.2.4.- Resultados y discusión:.....	78
5.2.5.- Conclusiones:.....	80
5.2.6.- Bibliografía: .....	81
5.3.-Prueba de crecimiento en corderos de cebo sin utilización de paja de cereal.....	83
5.3.1.- Introducción. ....	83
5.3.2.- Objetivos. ....	84
5.3.3.- Material y métodos. ....	85
5.3.4.- Resultados y discusión.....	91
5.3.5.- Conclusiones. ....	106
5.3.6.- Bibliografía. ....	107
5.4.-Determinación de la digestibilidad de pienso adecuados para el cebo de corderos sin paja. ....	109
5.4.1.- Introducción. ....	109
5.4.2.- Objetivos. ....	110
5.4.3.- Material y métodos. ....	110
5.4.4.- Resultados y discusión.....	114
5.4.5.- Conclusiones. ....	119
5.4.6.-Bibliografía .....	119
5.5.- Comparación de herramientas quimiométricas de clasificación para la identificación de grasa perirrenal en corderos.....	122
5.5.1.- Introducción. ....	122
5.5.2.- Objetivos. ....	124
5.5.3.- Material y métodos. ....	124
5.5.4.- Resultados y discusión.....	130
5.5.5.- Conclusiones. ....	136
5.5.6.- Bibliografía. ....	136

5.6.- Estudio económico de la fabricación de un pienso destinado al cebo de corderos sin paja. Resultados de su aplicación en granja. ....	141
5.6.1.- Introducción. ....	141
5.6.2.- Objetivos. ....	141
5.6.3.- Material y métodos. ....	142
5.6.4.- Resultados y discusión. ....	144
5.6.5.- Conclusiones. ....	152
5.6.6 Bibliografía. ....	152
6.- Conclusiones finales	154

## **Resumen**

La administración de paja como base forrajera en el cebo de corderos supone una dificultad fundamentalmente de orden social, al obligar a su reparto y supervisión diaria en los cebaderos, resultando un factor más que contribuye a la despoblación rural y a la dificultad de encontrar mano de obra.

La posibilidad de utilizar como alimento de cebo exclusivamente un concentrado, resulta una oportunidad única de atajar el problema citado, al poder acoplarse a los sistemas de distribución automática de alimentos ya existentes en los cebaderos.

El mundo científico ha planteado algunas opciones al respecto pero, en general, se han observado repercusiones negativas sobre el crecimiento o indicadores de salud.

En este trabajo se plantea una aproximación progresiva a la aplicación real del cebo sin paja o forraje de corderos, comenzando por demostrar la viabilidad de esta opción.

Se continúa con una prueba de crecimiento mediante libre elección de dieta, de manera que los propios corderos, con su comportamiento indiquen alguna pauta posible en cuanto a la formulación del pienso.

De la prueba anterior, se deduce que la incorporación de fuentes de fibra fácilmente fermentable, puede permitir alcanzar el objetivo final. Por ello, el trabajo continúa probando 8 piensos compuestos en los que se combina la fuente de fibra fermentable (cascarilla de soja y pulpa de remolacha), su porcentaje de incorporación (10 ó 20%) y la presencia o ausencia de 1% de bicarbonato, como agente tamponante. Los resultados

muestran una superioridad de las formulaciones en las que interviene la pulpa de remolacha sin la presencia de bicarbonato.

Los datos técnicos previamente obtenidos, se confirman mediante una prueba de digestibilidad en la que, coherentemente con lo observado hasta el momento, el pienso con un 10% de pulpa de remolacha es el que mejor digestibilidad obtiene.

Se aborda seguidamente, un estudio de grasa perirrenal mediante la técnica de espectroscopia por reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), utilizando técnicas quimiométricas de clasificación no supervisada y supervisada. Los resultados muestran que el cebo sin paja produce cambios en la naturaleza de la grasa, lo que requiere estudios posteriores para conocer su repercusión. Igualmente se demuestra que la técnica NIRS es una herramienta con posibilidades de utilización para clasificar animales en el matadero en función del tipo de alimentación que los corderos hayan recibido.

Finalmente, un estudio económico de la incorporación de pulpa, demuestra una neutralidad real en cuanto a las repercusiones económicas sobre el proceso de cebo.

Se concluye finalmente que la incorporación de un 10% de pulpa de remolacha a un pienso de cebo formulado con objetivos nutritivos habituales (16% pb, 6% cenizas, 2.5% grasa bruta, 20% de fibra neutro detergente), resulta técnicamente viable en el cebo de corderos sin paja.

## Summary

The administration of straw as basic forage in the lamb's fattening, is fundamentally a social difficulty, forcing their distribution and daily supervision in the farm, resulting, a factor that contributes to rural depopulation and on the difficulty of finding labor.

The possibility of using a concentrate exclusively as feed during fattening, is a unique opportunity to tackle the aforementioned problem, as it can be coupled to the automatic feed distribution systems already existing in the fattening farms.

The scientific world has raised some options in this regard but, in general, negative impacts on growth or health indicators have been observed.

This paper proposes a progressive approach to the real application of the loamb's fattening without straw or forage, starting by demonstrating the viability of this option.

We continue with a growth test by means of a free choice of diet, so that the lambs themselves, with their behavior, indicate some possible pattern regarding the formulation of the feed.

From the previous test, it is deduced that the incorporation of easily fermentable fiber sources, can allow to reach the final objective. Therefore, the work continues testing 8 compound feeds in which the source of fermentable fiber (soybean husk and sugar beet pulp), its percentage of incorporation (10 or 20%) and the presence or absence of 1% of bicarbonate, as a buffering agent, are combined. The results show a superiority of the formulations in which the sugar beet pulp intervenes without the presence of bicarbonate.

The technical data previously obtained, are confirmed by a digestibility trial in which, consistent with what has been observed so far, the concentrate with 10% of sugar beet pulp is the one that obtains the best digestibility.

Next, a study of perirenal fat is approached using the near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) technique, using chemometric techniques of unsupervised and supervised classification. The results show that the fattening without straw produces changes in the nature of the fat, which requires further studies to know its impact. It is also demonstrated that the NIRS technique is a tool with possibilities of use to classify animals in the slaughterhouse according to the type of feed that the lambs have received.

Finally, an economic study of the incorporation of sugar beet pulp demonstrates a real neutrality in terms of the economic repercussions on the fattening process.

It is finally concluded that the incorporation of 10% sugar beet pulp into a fattening concentrate formulated with usual nutritional objectives (16% crude protein, 6% ash, 2.5% crude fat, 20% neutral detergent fiber), is technically feasible in the fattening of lambs without straw.



## **1.- INTRODUCCIÓN**

El ganado ovino en Europa presenta un censo con tendencia a la baja y con una distribución asimétrica, España soporta el 19% de dicho censo y junto con Reino Unido (27%), y Rumanía (12%), aportan casi el 60% del censo conjunto.

La producción ovina de carne supone un factor económico importante en España, alcanzando el 6.5% de la producción final ganadera y 2.4% de la producción final agraria en el año 2018 (MAPA, 2019). Las explotaciones tienen un reparto geográfico desigual, de manera que se concentran preferentemente en zonas de marcado acento rural, con poca industrialización y que podrían calificarse desde el punto de vista agroganadero como “terrenos marginales”.

Esto se traduce, en Extremadura, en un número de explotaciones cercano al 15% del total nacional, que soportan el 23% del censo ovino nacional (MAPA, 2019), con 3.700.000 cabezas. La falta de correlación numérica entre ambas cifras, nos describen, indirectamente, explotaciones grandes en las que el censo medio/explotación es superior al del resto de España.

La importancia del sector ovino en Extremadura es mayor que en el resto de España, así, a partir de los últimos datos consolidados publicados CajaBadajoz (2018) el sector agroganadero supone el 8.1% del PIB extremeño en el año 2017 con un peso específico superior al 8% para el ganado ovino-caprino, que no está estadísticamente desagregado. Ambas cifras indican claramente el peso que el sector agroganadero en general, y ovino en particular, tienen en la estructura económica extremeña, comparándolo con el resto de España.

A mantener estas cifras, ha contribuido la vertebración del sector, cuyo motor histórico fue la creación de la cooperativa de segundo grado “Oviso”, implantada en Extremadura y posteriormente fusionada con la andaluza “Cordero del Sur”, generando la nueva cooperativa “EA Group”. Esta cooperativa, permite una comercialización de corderos, del los que el 30% se hace en el extranjero, manteniendo la rentabilidad de las explotaciones (Pozo, 2019).

Más allá de estas objetivas y frías cifras estadísticas, hay que valorar que las explotaciones ovinas se encuentran plenamente dentro de lo que se ha dado en llamar la “España vaciada”, sirva como referencia la evolución del censo de Castuera, pueblo enclavado en La Serena extremeña y de amplia tradición ovina. En el año 1960 el censo oficial era de 10.666 habitantes, en el año 1970 pasa a 8.134, manteniéndose más o menos estable hasta el año 1990 con 8.287 habitantes, donde comienza un descenso vertiginoso de población: 7.522 en 1995, 7.216 en 2000, 6714 en 2005, 6.521 en 2010, 6.163 en 2015 y 5.921 en 2018 (Foro, 2019). Al margen de las cifras concretas, esta dinámica en el tiempo es extensible a prácticamente todos los pueblos de la región, a excepción de los grandes núcleos urbanos como Don Benito o Villanueva de La Serena.

Por lo tanto, en zonas rurales y poco industrializadas, el mantenimiento de explotaciones ovinas resulta fundamental para fijar la población al territorio. Dentro de este contexto, racionalizar el trabajo en tiempo e intensidad es una tarea fundamental para contribuir al bienestar de los trabajadores de las granjas ovinas, entre los que se encuentran los operarios de los cebaderos.

El cebo de corderos tradicionalmente practicado en España, implica el uso de concentrados y paja a libre disposición por parte de los animales (Delgado y Gutierrez, 2009). La automatización en la distribución de agua y concentrado ya es un hecho, pero la distribución de paja, sigue siendo la asignatura pendiente (Bello, 2016, Nanta, 2016).

Por lo tanto, desarrollar un sistema de alimentación única, a base de concentrados adecuadamente formulados, que permita prescindir de la distribución de paja, es un hito técnico y, a la vez, un elemento para conciliar el trabajo con la vida familiar, en especial durante los fines de semana y días festivos, al no ser necesario el reparto manual de paja diario.

De ser logrado, se aportaría una pequeña ayuda en la lucha contra la despoblación en las zonas rurales.

## **1.1.- Bibliografía**

Bello, J.M. (2016). Buenas prácticas en manejo de cebadero de corderos. *Tierras de Ovino*, 16: 33-37.

CajaBadajoz (2018). *La agricultura y la ganadería extremeña 2017*. Fundación Caja Badajoz, Badajoz.

Delgado, L.C.; Gutiérrez, P. (2009). *Manual práctico de manejo de una explotación de ovino de carne*. Junta de Castilla y León.

Foro (2019). *Demografía de Castuera (Badajoz)*. Foro-ciudad. <https://www.foro->

[ciudad.com/badajoz/castuera/habitantes.html#EvolucionGrafico](http://ciudad.com/badajoz/castuera/habitantes.html#EvolucionGrafico) .

Última consulta, diciembre 2019.

MAPA (2019). El sector ovino y caprino de carne en cifras. Principales indicadores económicos-2019. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

NANTA (2016). Ovino de carne. Manual de recomendaciones. Piensos NANTA. <https://www.nutricionsostenible.com/wp-content/uploads/2016/09/Manual-Nanta-de-recomendaciones-de-buenas-practicas.-Ovino-de-carne.pdf> Última consulta septiembre 2019.

Pozo, J.C. (2019). Estado actual del sector ovino. Extremadura 21. <https://extremadura21.com/tag/ovino/> .Última consulta, diciembre 2019.

## **2.- OBJETIVOS**

Determinar la viabilidad técnica de cebar corderos mediante la formulación de piensos compuestos que permitan la no utilización de paja. Evaluando la respuesta de crecimiento durante el cebo, la digestibilidad de los alimentos, la posible repercusión de una dieta exenta de paja sobre la calidad de la grasa y el impacto económico que pudiera tener.

### **3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

En el momento de realizar una revisión bibliográfica, siempre surgen dudas razonables sobre cómo abordar la cuestión: alcance, extensión, ordenación de los distintos apartados, son aspectos que siempre preocupan al doctorando y a sus directores. Cuando existe un planteamiento experimental, los resultados son los que son y, de hecho, vienen dados.

En función de ello, este apartado es, probablemente, el más creativo y libre, en cuanto a su contenido, de toda tesis doctoral.

Dicho esto, hemos preferido abordar la revisión bibliográfica desde una perspectiva, quizás, heterodoxa científicamente, pero que refleja nuestra implicación y visión, del mundo ganadero ovino.

Por lo tanto, pretendemos exponer una imagen actual y fiel de la situación censal y empresarial del ovino en España y, particularmente, en el área del Suroeste, en la que EA-Group tiene su implantación. Somos conscientes de que esta imagen refleja un momento concreto que, con el paso del tiempo, puede quedar superado, pero, ciertamente, es el momento actual y así quedará reflejado.

### **3.1.- Situación mundial de censos de ovino**

Según FAOSTAT el número total de cabezas a nivel mundial de ganado ovino se ha incrementado en un 10% en el periodo del 2000 al 2013 (Informe Ovino Rengrati 2015). Las regiones donde ese incremento ha sido mayor han sido: Asia con más de 98 millones de cabezas y África con más de 82 millones de cabezas. Por otra parte, las que más han disminuido sus censos han sido Oceanía con una disminución de 55 millones de cabezas y Europa con una disminución de 17 millones de cabezas.

China es, y será, el mayor productor de ovino del mundo, según previsiones de la FAO para el 2054. Actualmente cuenta con 185 millones de cabezas, lo que supone el 15,8% del censo mundial. El segundo puesto lo ocupa Europa, con 98 millones de cabezas, seguido por Australia y la India con 76 millones. Mientras las previsiones de crecimiento para Europa son negativas, Asia, África y algunas regiones de Sudamérica son positivas, que serán, según la FAO, la fuente de carne de ovino a nivel mundial.

Por países, y durante el periodo del 2009 al 2013, aquellos donde se ha encontrado un mayor incremento en el censo ha sido Arabia Saudí, con más de 5,6 millones de cabezas, Argelia con más de 5,2 millones y China con más de 5 millones.

### **3.2.- Producciones mundiales de carne de ovino y su consumo**

Los países en los que más se ha incrementado la producción de carne de ovino para el periodo 2009-2013 han sido Argelia, (más de 83.000 tn), China (más de 37.000 tn) y Arabia Saudí (más de 36.000 tn). Por otra

parte, la mayor disminución en la producción de carne de ovino para el mismo periodo han sido la UE-28 (bajada de 87.000 tn) y Siria (disminución de 26.000 tn).

Las importaciones de carne de ovino en las regiones de Europa, África, Oceanía y las dos Américas se han mantenido constantes prácticamente durante el periodo de 2000 a 2008. Sin embargo, es a partir de este año cuando las importaciones a estas regiones han registrado una tendencia de disminución. Por otra parte, las importaciones de carne de ovino de Asia han registrado una tendencia al alza en ese mismo periodo.

Las poblaciones como la musulmana e Hispana van en aumento, según previsiones a 2030 de la FAO. Su crecimiento no se basa solo en tamaño, sino también en bienestar.

El comercio mundial de ovino está en aumento, principalmente por los importadores asiáticos, lo que mueve un 7% de la producción de ovino a nivel mundial. Aunque el mayor importador de carne de ovino en el 2012 fue la UE-28 con aproximadamente 340.000 tn importadas (el 37% de las importaciones mundiales), le sigue China con 153.000 tn que suponen el 17% de las importaciones mundiales y es este país el que prevé un incremento superior en las importaciones.

Los países más exportadores son Nueva Zelanda y Australia, con 35,9% y 32,1% de las exportaciones mundiales respectivamente.

Respecto al consumo, es en Europa donde se han encontrado las mayores bajadas, (0,3 millones de tn de disminución), mientras que Asia y África han aumentado en su conjunto en algo más de 2,4 millones de tn. Es importante destacar que El 80% del consumo de carne de ovino se realiza en los países en vías de Desarrollo: África y China principalmente.



Las cifras de consumo por habitante y año no son elevadas, menos en comparación con otras carnes como la de pollo o cerdo. Es Australia el país con un mayor nivel de consumo per cápita con 10 kg/hab y año seguido de Reino Unido con 4,5 kg/hab y año. Para hacernos una idea y poner una referencia cercana, en España no se llega a los 1,5 kg/hab y año.

Sin embargo, a pesar de ello, países tan poblados como China con un consumo de 0,9 kg/hab y año lo coloca en el primer consumidor mundial con más de 4 millones de tn de carne de ovino, lo que supone el 31,5% del consumo mundial.

La carne de ovino representa solo el 4% de la cuota de mercado del total de las carnes (311,3 millones de toneladas), frente a otras carnes como el pollo que representa el 36% o el cerdo con un 38% (MLA, 2016).

### **3.3.- Sistemas de producción del ovino a nivel mundial**

A nivel mundial se habla de mercado de ovino, sin especificar si es cordero u oveja. El consumo de carne de ovino contempla ambos casos, siendo en la mayoría de los países exportadores una diferenciación menos acusada que en España por tratarse de animales de mayor edad y peso, asemejándose más a los animales adultos.

Por otro lado, está el mercado de cordero lechal, pero es muy estacional y circunscrito a Europa, y en concreto Italia, Francia, Reino Unido y España principalmente.

Los países más exportadores están liderados por Nueva Zelanda, seguidos de Australia y Reino Unido. El modelo de producción de cordero de estos tres países es a base de alimentación a pasto. No es un modelo de cebo como el de España.

Según la Red Agri benchmark, (Agri-Benchmark, 2013), la mayor parte de los países eminentemente productores, como Nueva Zelanda, Australia o China, lo hacen en base a pastos. España es el único país de esa red que lo basa exclusivamente en cereal. En ese mercado global de carne de Ovino, España tiene el reto de abaratar el coste de cebo para hacer una carne más competitiva.

Si nos fijamos en los kilos de carne vendidos por oveja, España está por debajo de los 40 kilos mientras que Reino Unido, Francia o Australia está por encima de los 50 kg vendidos/oveja y año.

En cuanto a la productividad referida en corderos destetados/100 ovejas al año, de nuevo encontramos grandes diferencias. Mientras que en España está en torno a 100 corderos destetados, en Reino Unido y Francia está por encima de los 140.

Si se miran los costes totales de producción, la gráfica da la vuelta, estando a la cabeza España con más de 400 dólares/100 kilos de peso vivo producido, frente a los menos de 200 de Australia, Nueva Zelanda, modelos de cebo a pasto. Resulta claro que son económicamente una fuerte competencia. En España no podemos transformar el modelo de cebo hacia la producción con pasto por una limitación clara del clima y la edafología, máxime en las zonas tradicionales de producción del ovino (Ernesto Reyes, 2014). Sin embargo, sí podemos intentar optimizar los costes en un sistema basado en cebo a base de cereal. La propuesta de esta tesis va en esa línea de ahorro de costes.

Dentro de la Red Agri benchmark se analizan con detalle una serie de granjas de ovino. En este análisis correspondiente al año 2018 se observa como aquellas explotaciones que obtienen un mayor beneficio económico no son aquellas que producen más barato con una productividad baja, como

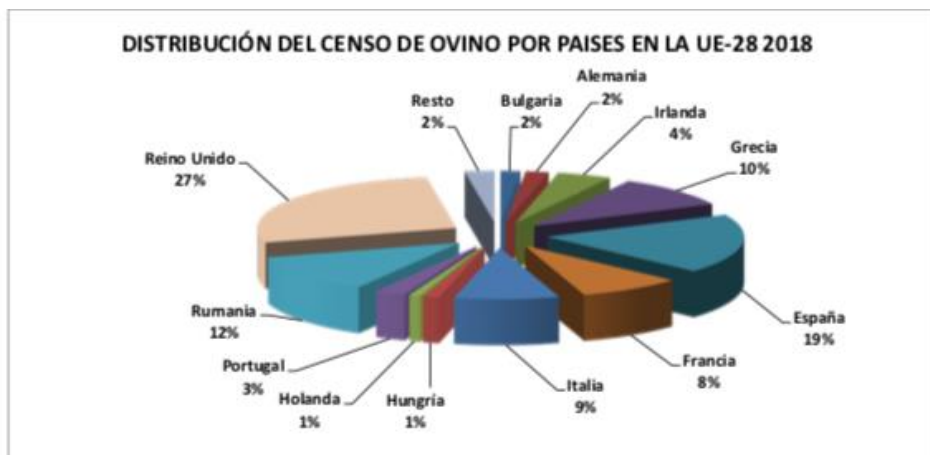
es el caso de países como Australia, Francia o Reino Unido; sino aquellas con una productividad media, basados en suplementación y elevando algo más los costes, sin llegar a Extremo de España, jugando a mercados de precios altos. No se trata aparentemente de sistemas super extensivos los que a priori arrojan los datos de mayor rentabilidad, como en un inicio se pudiera pensar.

Según ese análisis un modelo basado en el pasto y productividad baja dará un beneficio moderado, sin riesgos eso sí, y bajo condiciones de fácil control. Mientras que el modelo con mayor potencial, pero también mayor riesgo y complicación, es el basado en suplementación solo, o pastoreo con suplementación, pero alcanzando precios altos y una productividad media. Este modelo no se puede permitir una productividad baja o bajos precios. Es un modelo más profesional y exigente de sistemas eficientes de producción.

### **3.4.- Censo de ovino en Europa y situación futura frente al Brexit**

La distribución de censos del ganado ovino en la UE, está liderado por el Reino Unido con un 27% del total de la cabaña, que suponen 22,9 millones de ovejas, seguida por España con un 19% y 15,8 Millones de Ovejas y Rumanía con un 12% y 10,1 millones de ovejas (Mapa, Indicadores económicos 2019).

**Gráfica 3.1-** Censo UE



Fuente: Cooperativas Agroalimentarias de España

Desde el año 2002 al año 2018 se ha pasado de una cabaña de 98,9 millones de ovejas a 84,4 millones. Este descenso se ha producido de manera similar en todos los países excepto en Rumanía, único en el que el censo ha subido en ese mismo periodo cerca de 3 millones de ovejas. Aun estando muy por debajo del censo de España, este país compite con nuestro país en cuanto al producto que ofrece; cordero de cebo.

Tengamos en cuenta que dentro de la UE hay diferentes sistemas de cebo del cordero, lo cual explica los movimientos comerciales de los diferentes productos que por ello se ofrecen: cordero de cebo, cordero de hierba y lechal. Además de esto, se tienen en cuenta los pesos de los animales, sexo, etc, para hacer todas las posibles categorías comerciales:

- Similar a España en cebo en base a piensos compuestos:  
Francia, Hungría y Rumania.
- Italia y Grecia no ceban, hacen solo lechales. Rumania también hace lechales, pero solo en hembras.

- Alemania, Reino Unido y Holanda cebo en base a hierba

En la carne de ovino y caprino, Reino Unido destaca como el primer exportador de la Unión, con el doble de lo exportado por España en el mismo ejercicio. Irlanda alcanza también importantes cotas de exportación de carne, con más de 52.000 toneladas. De cara a los futuros movimientos políticos en torno al Brexit, esta información es de gran interés, ya que emplaza a las empresas españolas a prepararse a ocupar el hueco que podría dejar el Reino Unido como gran exportador, y también a analizar convenientemente el papel que pueda jugar Irlanda en función del tipo de Brexit que se imponga finalmente.

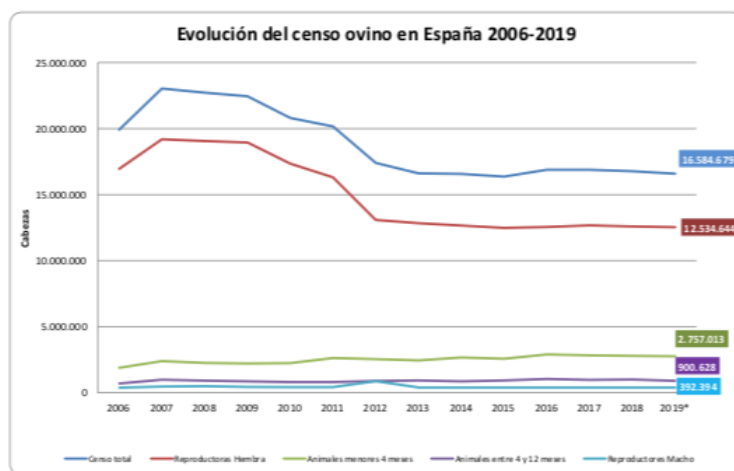
### **3.5.- Situación del ovino en España**

La producción ovina de carne supone un factor económico importante en España, alcanzando el 6.5% de la producción final ganadera y 2.4% de la producción final agraria en el año 2018 (MAPA, 2019). España se sitúa en la posición 22 a nivel mundial en la producción de ovino (Lola Izquierdo, Global Forum, 2016).

El cebo de corderos hace referencia a una cabaña de 8 millones de ovejas. La mayor parte de ellas se crían en extensivo. Territorialmente, en el Suroeste de España, el sistema se basa en un pastoreo rotacional no conducido. Sobre este sistema, el territorio supone la base alimenticia de los animales adultos, algo en lo que fundamentalmente se basan los sistemas en extensivo. Sin embargo, este sistema extensivo para las ovejas no es el que se considera para sus hijos, al menos de momento. El cordero producido en España, en la gran mayoría de los casos, combina una fase de campo con otra de cebo a base de piensos compuestos. El destino es el

consumo de carne. Una carne caracterizada por ser una carne de calidad, pero de sabor intenso, motivo por el cuál la tendencia del consumo se ha ido moviendo hacia animales de menor edad y peso al sacrificio.

**Gráfica 3.2-** Censo España



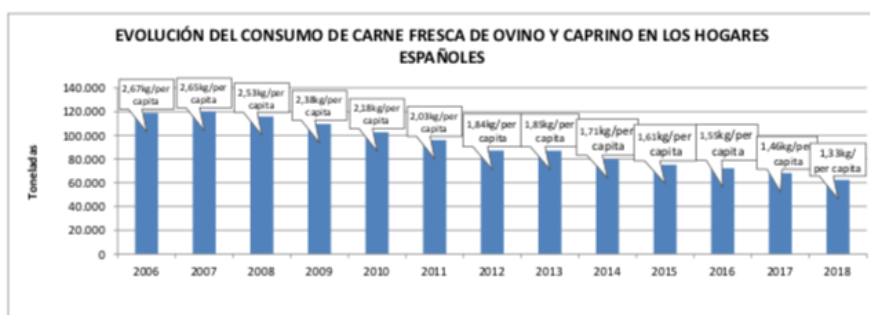
Fuente: MAPA

Hace menos de doce años, España era sin duda, el país donde la carne de cordero tenía un precio más elevado (dentro de la UE). Ya sea por tradición de consumo en Navidad, o por el motivo que fuese, nuestro país era un mercado atractivo, y en ese sentido países como Francia, Italia o reino Unido, utilizaban nuestro país para equilibrar sus producciones excedentarias en alguna época del año en las que en esos países de origen el consumo disminuye. El cordero ha sido, es, y creo que será, un producto absolutamente ligado a la religión, por lo que su consumo está determinado más por el calendario de festividades religiosas (Cristiana, Musulmana y Judía), que por una actitud de compra en base a precio, sabor, calidad, etc.

Pero en los últimos doce años el panorama nacional ha cambiado mucho, en muchos aspectos, y también en el que nos interesa en esta tesis:

el consumo de carne de cordero. No olvidemos que los procesos de cebo y comercialización se ajustan, o al menos deben intentar ajustarse, a la demanda. Y en España esta demanda cada vez ha ido disminuyendo más de tamaño. Actualmente, el consumo medio en España de carne de cordero está por debajo de los 1,5 kg por habitante y año (MAPA, 2019).

**Gráfica 3.3-** Consumo España



Fuente: MAPA

En un escenario así, es evidente, que los procesos se han ido modificando para buscar una salida a un problema que desde el propio sector en solitario no se podía atajar: disminución del consumo de carne por parte de una población urbana cada vez más concienciada con la salud y el medio ambiente, pero también muy condicionada por discursos partidistas, arbitrarios, no científicos y en muchas ocasiones falsos. Pero mientras todo eso pasa, las estructuras de cebo que en España procesan los siete millones de corderos que se producen, han tenido que buscar alternativas. La exportación, palabra absolutamente manida en los discursos políticos, ha supuesto para el sector ovino una solución. Ante la necesidad de exportar, la inquietud de hacerlo, los proyectos de integración de la producción para poder hacerlo, hay que añadir la dificultad de que las fronteras de países consumidores de cordero, abran sus puertas al Reino de España, que es, en definitiva, quien exporta. Volvemos a estar de nuevo en

manos de acuerdos políticos (en la mayoría de los casos), escondidos tras temas sanitarios y de otra índole técnica.

### **3.5.1.- Exportación**

En términos generales, el comercio exterior del ganado ovino y caprino en nuestro país sigue una tendencia estable (Informe exportación Coop 2019).

El ovino vivo y la carne de ovino y caprino representan las dos partidas arancelarias más importantes en la exportación del sector ovino y caprino español. Para los ovinos vivos predominan los destinos externos a la Unión Europea, al contrario que ocurre para la carne de ovino y caprino, donde predominan los destinos intra-UE.

Se observa un aumento del volumen de las exportaciones de casi todas las partidas a la UE, pero un descenso generalizado de éstas a terceros países.

En la carne de ovino y caprino podemos destacar un retroceso significativo de las exportaciones a países externos a la UE, un 24%, mientras que aumentan las exportaciones de carne con destino UE un 26%.

En relación a los destinos favoritos para la exportación de ovinos vivos, es importante tener en cuenta el declive progresivo del mercado libio, que debido a su situación política puede acabar saliendo del listado de destinos favoritos. El caso de Libia viene a refrendar la recomendación de que las empresas y sus departamentos internacionales establezcan planes de exportación sostenibles en el tiempo, y que no centren todos sus esfuerzos en los mercados de terceros países, que en ocasiones cuentan con una mayor cuota de mercado a cubrir, pero normalmente son más inestables y cuentan con barreras no comerciales a la exportación.



En las carnes de ovino y caprino, los destinos más importantes en volumen son los europeos, y en especial Francia e Italia. Francia, además de ser el principal destino de nuestra carne, es uno de los mercados que experimenta mayores subidas de las exportaciones (un 43%). Es conveniente subrayar el descenso progresivo de las exportaciones a Emiratos Árabes Unidos, y el aumento considerable de las operaciones con Omán.

Las exportaciones vienen marcadas por las posibilidades que los países destino acuerden con el gobierno español. Son pocos los países abiertos a la exportación española de ovino, y este es el gran limitante para esta actividad. Los países a los que se puede exportar y productos con los que se puede hacer desde España, son:

- ✓ Países habilitados para exportación de vivo: Libia, Líbano, Túnez, Irán y muy pronto Qatar. Además de la UE
- ✓ Países habilitados para exportación de carne: Israel, Emiratos, Libia, Túnez, Jordania, Sudáfrica. En curso de apertura China y Qatar.

### **3.5.1.1- Exportación de ovino vivo**

Entre febrero de 2018 y enero de 2019, los ovinos vivos han alcanzado la cifra de 44.080 toneladas. En esta partida, predominan los destinos terceros frente a la Unión Europea.

En el caso de la carne de ovino y caprino (se presenta la información agregada ya que la carne de caprino representa un porcentaje ínfimo frente a la carne de ovino), durante este último año móvil se llegaron a exportar un total de 42.386 toneladas al extranjero. Al contrario que en los animales vivos, en este caso destacan los destinos europeos como los prioritarios.

Estas dos partidas arancelarias representan el 95% de las exportaciones del sector ovino y caprino (en toneladas).

En relación a los destinos favoritos para la exportación del ganado ovino en vivo, sigue destacando por encima de todos Libia. No obstante, dicha exportación está cayendo considerablemente en la actualidad (un 95% con respecto al mismo mes del año pasado y un 30% con respecto al año móvil anterior), por lo que debemos estar atentos a la deriva de este mercado que parece estar llegando al fin de su protagonismo debido a la problemática geopolítica de la región.

Tras Libia, y en menor medida, destacan los destinos europeos como Portugal, Francia o Rumanía. Cabe destacar un aumento de las exportaciones significativo a Portugal y Francia con respecto al mismo periodo del año pasado, un 23% y un 18% respectivamente en términos de volumen, que hacen que estos mercados estén tomando gran importancia. Italia, que presentaba cifras preocupantes en las últimas estadísticas extraídas, parece que está recuperando protagonismo y crece a un 195% respecto al mismo mes del año anterior.

Es muy destacable la fuerte entrada como destino de las exportaciones españolas de Rumanía que, si bien no fue un destino de nuestros ovinos el año pasado, si lo ha sido este. Asimismo, resulta sorprendente la importancia de este mercado, y más teniendo en cuenta que Rumanía es el principal exportador de ovino vivo de la UE. No obstante, y

dado que en el último mes no parece haberse exportado ovinos a este país, deberemos analizar con los datos futuros si se ha tratado de algún movimiento puntual, y no de una relación comercial duradera.

Destaca también la pérdida de protagonismo de Líbano o Eslovaquia como destinos importantes en el pasado curso, con reducciones del 41% y 100% respectivamente del volumen exportado.

### **3.5.1.2.- Exportación de ovino carne**

En las carnes de ovino y caprino, destacan los destinos europeos, y en especial Francia e Italia. Francia, además de ser el principal destino de nuestra carne, es uno de los mercados que experimenta mayores subidas de las exportaciones en el último año móvil (un 43% en términos de volumen). Prácticamente todos los destinos de la UE están importando más carne de ovino y caprino desde España que en los ejercicios anteriores al 2019, lo cual es un buen síntoma de la salud del sistema comercial.

Es destacable también el aumento de las exportaciones del último mes a Italia, que incrementa un 81 % respecto al mismo mes del pasado curso. Este dato puede indicarnos que el mercado danés se está fortaleciendo en los últimos meses.

En cuanto a los terceros países, es conveniente subrayar cómo ha ido ganando importancia Emiratos Árabes Unidos y Omán hasta colocarse como destinos de importancia, con subidas del 40% y del 30% respectivamente respecto al año móvil anterior. Asimismo, y a pesar de que las cifras del último año son peores que las del año móvil anterior, atendiendo a las cifras del último mes disponible, parece que podríamos estar asistiendo a un repunte de Hong-Kong como destino.

### **3.6.- Sistema de producción del cordero en el Suroeste de España. EA Group y la Integración cooperativa**

EA Group es una Entidad Asociativa Prioritaria que nace en el 2013 sobre una base societaria de 1.582 socios repartidos en las Comunidades Autónomas de Extremadura, Andalucía y Castilla La Mancha. Se crea con el objetivo de mejorar la transformación y comercialización de los productos del ovino, como son el cordero y la leche de oveja.

El mercado de carne de ovino en España se encuentra con el gran problema surgido entre la oferta y la demanda que colisionan con la estacionalidad de la producción y del consumo.

En épocas de mayor demanda como son Semana Santa, verano o diciembre existe mucha menos oferta, produciendo un sobreprecio en el producto que perjudica seriamente al consumo. Por el contrario, el recuerdo para el consumidor como un producto caro, no permite una venta óptima en aquellas épocas en las que el precio es menor vinculado a una mayor oferta, lo que provoca un sobredimensionamiento del mercado.

Además, la gran distribución aprovecha la estacionalidad de la oferta y de la demanda para definir estrategias comerciales basadas en el precio, mediante campañas de ofertas destinadas al consumidor final. Estas ofertas provocan una disminución en los precios y afectan fuertemente al ganadero que se ve perjudicado, y que no puede defender su nivel de renta.

Partiendo de esta producción desestacionalizada y para cambiar la influencia de la gran distribución en los precios, Ovis y Corderos del Sur, entienden que en los mercados actuales más que nunca es necesario acudir a modelos de intercooperación conjunta para crecer y ser más eficientes, apoyándose en las ventajas que se generan mutuamente, como son las

economías de escala, compartir la experiencia y el saber hacer (know-how), mediante proyectos de I+D+i conjuntos o con el mero hecho de poner en valor los realizados individualmente hasta la fecha. De esta manera, somos capaces de influir en el mercado y aprovechar la oportunidad que se nos abre, al ser capaces con nuestras fortalezas ofrecer lo que quiere el consumidor pero no a costa de bajada de precios, sino ofreciéndole atributos con la innovación que disponemos que demanda en la actualidad e incluso anticiparnos: placer, innovación, salud y conveniencia.

Por ello el 17 de Junio del 2013, se constituye EA GROUP S.C. Una sociedad cooperativa integrada por dos importantes cooperativas de carne de cordero a nivel nacional, Oviso y Corderos del Sur. El principal reto de esta sociedad es aprovechar las sinergias de ambas cooperativas, adaptarse al nuevo marco del mercado, fuera de modelos competidores que producen efectos negativos. Aumentar el valor añadido de los corderos de los asociados mediante un concepto integral del sector, produciendo y comercializando el cordero ajustado a la demanda del mercado y ofreciendo productos

- N° Socios cooperativistas: 1.782 socios
- Ámbito de actuación de EA GROUP: Extremadura, Andalucía y Castilla la Mancha
- Provincias de actuación: Badajoz, Cáceres, Huelva, Córdoba, Sevilla, Cádiz y Ciudad Real.

Para EA GROUP la concentración e innovación de la Producción y la concentración e innovación en la Comercialización, son los dos grandes fines principales por los que se constituye.

### **3.6.1.- Objetivos de EA GROUP para la Producción**

La seguridad y el bienestar animal, son dos de los pilares básicos de una producción eficiente y responsable. Los mercados y la propia normativa, solicitan productos homogéneos, bien tipificados y producidos en un sistema estándar y de manera ininterrumpida lo largo del año, pero a la vez, adaptados a las necesidades de cada segmentos del mercado, de sus gustos y de sus costumbres.

En ese sentido EA GROUP aporta una visión integral con clara vocación de servicio al ganadero, que cumple con la principal misión de las cooperativas, mejorar la calidad de vida de los ganaderos asociados y producir lo que demanda el mercado.

En este contexto, los objetivos de trabajo son el manejo, alimentación, reproducción, genética, instalaciones, aspectos sanitarios, que permitan estandarizar la producción y obtener lotes de corderos más homogéneos y de mayor calidad posible en todas las épocas del año.

### **3.6.2.-Objetivos de EA GROUP para la Comercialización**

En un mercado tan fragmentado como el del ovino de carne, las necesidades de los ganaderos para una comercialización homogénea, segura y competitiva, se ha visto confirmada la idea de que la concentración en estructuras grandes y la agrupación de la oferta promueven y aportan estas garantías al ganadero.

El objetivo de EA GROUP es la agrupación de la cabaña para mejorar la salida y comercialización, nacional e internacional, de los corderos y ovejas de los socios de las cooperativas.

EA Group SC apuesta por la I+D+i como herramienta al servicio de la estrategia de futuro de la empresa. Algunas de las áreas trabajadas desde

el ámbito de la I+D+i por este grupo cooperativo son: Genética y reproducción, alimentación en extensivo, sanidad y tecnología de carne.

### 3.6.3.- Datos EA group SC.

Se muestran a continuación los datos de censos, producciones y comercialización de esta EAP: EA group SC. La integración cooperativa es la única manera de ganar volumen, y eso en sí no serviría para nada si no fuera acompañado de crecimiento de una estructura comercial con capacidad de darle salida a un precio razonable. Y eso es lo que se consigue a través de este tipo de proyectos cooperativos.

**Tabla 3.1-** Evolución censos EA group

	<b>AÑO 2018</b>	<b>AÑO 2017</b>	<b>VARIACION</b>
<b>DEHESAS</b>	134.592	145.125	-7,26%
<b>OVIPOR</b>	58.151	35.456	64,01%
<b>ALANSER</b>	145.660	145.244	0,29%
<b>CASTUERA</b>	135.301	123.682	9,39%
<b>FOVEX</b>	125.830	126.781	-0,75%
<b>HERRERA</b>	43.485	42.315	2,76%
<b>S.S.PEDRO</b>	76.976	65.929	16,76%
<b>COPRECA</b>	118.325	126.833	-6,71%
<b>TOTAL</b>	838.320	811.365	3,32%

Fuente: elaboración propia



**Tabla 3.2-** Corderos comercializados por meses

<b>COMPARATIVA</b>		
	<b>2018</b>	<b>2017</b>
<b>ENERO</b>	39.480	46.146
<b>FEBRERO</b>	54.584	55.510
<b>MARZO</b>	81.855	65.054
<b>ABRIL</b>	63.761	56.009
<b>MAYO</b>	52.405	63.191
<b>JUNIO</b>	68.167	52.352
<b>JULIO</b>	47.807	53.392
<b>AGOSTO</b>	46.164	44.802
<b>SEPTIEMBRE</b>	35.241	39.391
<b>OCTUBRE</b>	28.526	30.518
<b>NOVIEMBRE</b>	67.230	56.664
<b>DICIEMBRE</b>	67.577	78.727
<b>TOTAL</b>	652.797	641.756

Fuente: elaboración propia

**Tabla 3.3-** Comercialización en canal

<b>Productos</b>	<b>2018</b>	<b>%</b>	<b>2017</b>	<b>%</b>
<b>Corderos</b>	229.204	90,57%	194.685	92,52%
<b>Cabritos</b>	7.570	2,99%	4.447	2,11%
<b>Lechales</b>	3.300	1,30%	1.002	0,48%
<b>Ovejas</b>	12.997	5,14%	10.281	4,89%

<b>Destinos</b>	<b>2018</b>	<b>%</b>	<b>2017</b>	<b>%</b>
<b>Exportación</b>	64.703	28,23%	50.673	26,03%
<b>Nacional</b>	164.501	71,77%	144.012	73,97%

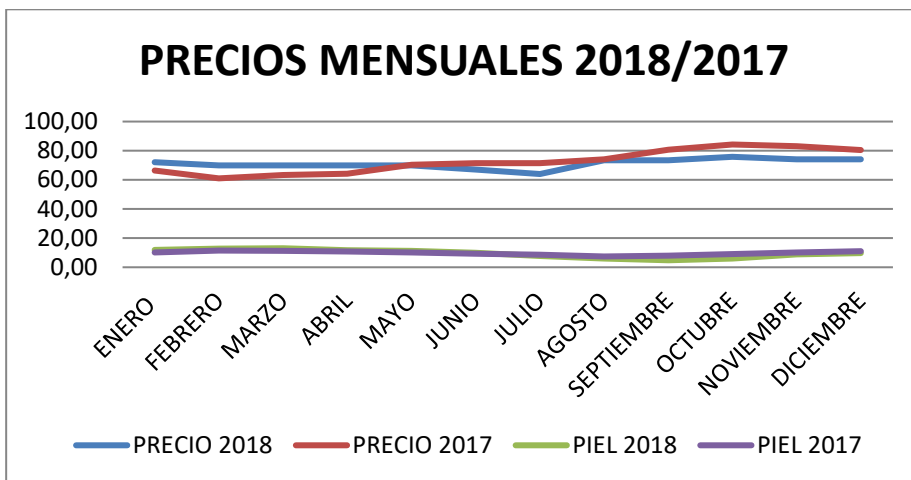
Fuente: elaboración propia

<b>Destinos</b>	<b>2018</b>	<b>%</b>	<b>2017</b>	<b>%</b>
<b>Argelia</b>	0	0,00%	4.113	8,12%
<b>Alemania</b>	1.144	1,77%		0,00%
<b>Francia</b>	26.446	40,87%	14.224	28,07%
<b>Italia</b>	29.343	45,35%	23.286	45,95%
<b>Jordania</b>	0	0,00%	24	0,05%
<b>Kosher</b>	783	1,21%	670	1,32%
<b>Portugal</b>	6.987	10,80%	8.356	16,49%

Fuente: elaboración propia

Como se ha comentado anteriormente, este esfuerzo de integración tiene por objetivo final lograr dos objetivos ligados al precio del cordero: estabilidad a lo largo del año y margen. En la siguiente gráfica se observa la variación de precio mensual de lonja a los 23 kg durante los últimos años.

**Gráfica 3.4-** Evolucion precio mensual 2018-2019



Fuente: elaboración propia

No hay grandes oscilaciones a lo largo del año, que es uno de los objetivos de EA group SC. Así mismo ofrecer a los socios una garantía de cobro es algo que diferencia a esta EAP del resto de operadores del mercado (intermediarios privados).

### **3.7.- INTRODUCCIÓN AL SISTEMA PRODUCTIVO SOBRE EL QUE CENTRAMOS EL TRABAJO**

#### **3.7.1.- Sistema reproductivo**

En cuanto al manejo reproductivo del rebaño, se sigue un sistema de cuatro partos en un año, es decir, se establecen cuatro épocas de cubriciones al año, en las que se introducen los carneros durante 45 días para abarcar dos celos de las ovejas y obtener así una parición agrupada.

Para la identificación de los animales del rebaño se utilizan crotales únicos, que se colocan en la oreja derecha del animal y un bolo ruminal que

permite una identificación individual electrónica. Esta identificación se realiza antes de los 6 meses de edad del animal por un veterinario autorizado, dicha operación se realiza en instalaciones similares a las mangas de manejo que se realizan con cancelas (situadas en las naves de la explotación).

Las ovejas se distribuyen en lotes en las distintas cercas en las que está dividida la finca, en función de si están vacías, en mantenimiento, gestantes o paridas.

### **3.7.2.- Uso de tratamientos hormonales**

En la explotación se utilizan tratamientos hormonales para conseguir que la mayoría de las hembras del rebaño presenten celo en periodo de anoestro y queden gestantes. Los dos tratamientos que se utilizan son:

- **Esponjas vaginales:** La esponja contiene una hormona, acetato de fluorogestona (FGA), que simula la acción de la progesterona natural y bloquea el ciclo sexual. Después de 15 días se retira y el descenso de los niveles de esta hormona provoca la aparición del estro. Posteriormente se inyecta a la oveja PMSG (420-440 ud). Es el tratamiento que se emplea en la mayoría de las ocasiones.
- **Implantes subcutáneos de melatonina:** Las ovejas segregan melatonina de forma natural en los meses donde las horas de luz son menores (fotoperiodo bajo), mientras que en las épocas donde existe un fotoperiodo alto (anoestro) estas no la segregan y por tanto no se produce el celo de forma natural. Para que el estro aparezca, se coloca un implante que libera melatonina (hormona natural que secreta el cerebro por la noche, que simula un acortamiento de los días, lo que provoca una mayor actividad sexual) mediante una

pistola especial en la base de la oreja del animal, lo que provoca la inducción del estro y la actividad ovárica entre los 50-70 días posteriores a la aplicación del implante. Este implante no se retira, ya que es biodegradable.

Si la cubrición se realiza en primavera, se requiere un tratamiento hormonal para favorecer la aparición del celo, pues las ovejas se encuentran en anoestro, es decir no presentan celo. El anoestro engloba los meses de Marzo, Abril y Mayo para las razas ovinas que presenta la explotación.

Los tratamientos hormonales empleados solo son efectivos si el índice corporal de las ovejas del rebaño está comprendido entre 2,5 y 3, mientras que en el caso de que este sea inferior a 2 no servirá de nada su implantación, pues estas no entrarán en celo debido a una incorrecta alimentación. Por el contrario, si el tratamiento se realiza en el periodo de otoño no son necesarios, ya que las ovejas presentan celo sin necesidad de emplear ningún tratamiento de este tipo.

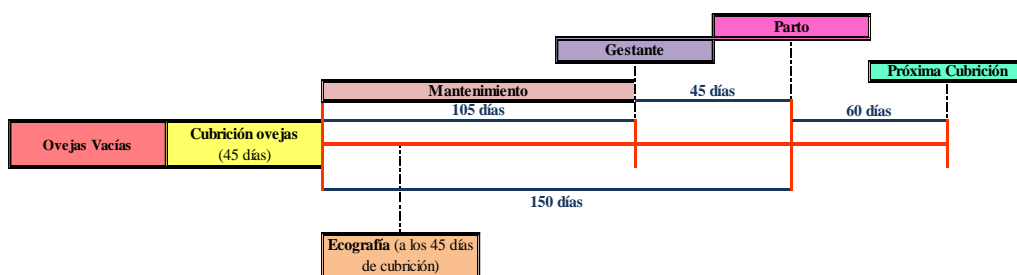
### **3.7.3.- Manejo reproductivo**

Cuando los tratamientos hormonales se retiran o ejercen su función se introducen los carneros en la cerca de las ovejas que se encuentran vacías. Estos mediante monta natural cubren a las ovejas. Una vez que estas entran en cubrición los carneros son retirados de la cerca (permanecen en ella durante 45 días). A partir de este momento las ovejas se encuentran en estado de mantenimiento y tras un periodo de 105 días pasarán al estado de gestantes. Tras 40-45 días desde el fin de la cubrición, se realiza una ecografía de estas ovejas por un veterinario.

Al cabo de 150 días desde la cubrición se produce el parto. Generalmente suelen parir uno o dos corderos. En todos los casos se

realizará una separación de las ovejas que presentan partos dobles de las que presentan partos simples con sus respectivas crías, nunca permanecerán juntos. De esta manera se podrá prestar mayor atención y cuidado a las ovejas que presentan partos dobles ya que son más vulnerables. Cuando la madre expulsa a la cría, el cordón umbilical es tratado con un producto desinfectante para prevenir posibles infecciones.

**Gráfica 3.4-** Ciclo reproductivo Oveja



**Fuente:** Elaboración propia.

Cada madre con su cría, o sus crías, permanecen en la cerca situada al lado de las naves, pues en caso de una climatología extrema podrán cobijarse en el interior de estas, donde se le proporcionará el alimento que sea necesario. De no ser así generalmente permanecen en el exterior de las naves y los corderos se alimentarán de leche materna durante 21 días, mientras que las ovejas se alimentarán de pasto y suplemento aportado por el ganadero. En el caso de madres primerizas, ovejas que no quieran a sus crías o problemas en la alimentación de los corderos porque no puedan mamar correctamente, estas pasarán al interior de las naves junto con los corderos y permanecerán en ahijaderas de 1x1 m durante todo el periodo de lactación para un correcto encalostramiento, pues no cuentan con mucho espacio para moverse lo que fomenta el no rechazo a las crías. Cada

ahijadero cuenta con un comedero propio donde se administrará la ración diaria a cada oveja y un bebedero individual.

Imagen. Ovejas y corderos en pastizal.



**Fuente:** Propia

Imagen. Cordero mamando.

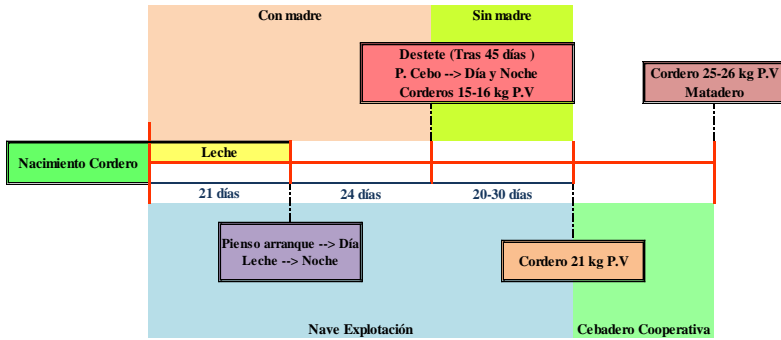


**Fuente:** Propia

Pasados los 21 días, los corderos comienzan a alimentarse con pienso de arranque durante el día, momento en el que las madres se separan de las crías (pasan a otra cerca), y continúan mamando durante la noche (vuelven a la cerca donde se encuentran las crías). Pasados 45 días desde el nacimiento, momento en el que las crías cuentan con un peso vivo de 15-16 kg, se produce el destete y las ovejas se separan completamente de los corderos. A partir de este momento los corderos comienzan a alimentarse únicamente de pienso de cebo, hasta alcanzar los 21 kg de peso vivo (aproximadamente 20-30 días) momento en el que se transportan mediante un camión al cebadero de la cooperativa donde seguirán alimentándose de pienso de cebo hasta que alcancen su peso comercial, ya sea para venta en vivo o en canal. Y es en esta fase final en la que esta tesis centra su objetivo.



**Gráfica 3.5- Ciclo Cordero**



**Fuente:** Propia



**Imagen 3.3-** Cebadero de la cooperativa FOVEX

**Fuente:** Propia

Al cabo de 60 días después del parto, y tras un posterior secado de la ovejas, estas volverán a cubrirse.

## **Producto**

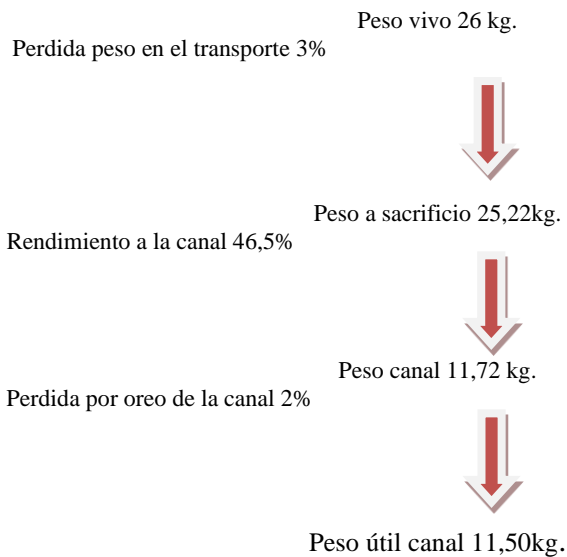
En el Suroeste de España el ovino de carne se basa en el aprovechamiento de pastos para las ovejas madre. El cordero una vez destetado a los 45-50 días se alimenta en base a cereales. Este sistema de producción confiere unas características al producto específicas. Según las zonas el sacrificio se realiza a diferentes pesos, estando la media en 26 kg.

Como se ha comentado anteriormente, nuestro cordero se diferencia del producido en el resto del mundo por su alimentación en base a cereales. Su comercialización se realiza en vivo o en canal en función de los mercados de destino.

Para el aprovechamiento cárnico del cordero, es importante disponer de un sistema de cebo eficaz, que evite un exceso de engrasamiento y de crecimiento óseo manera desproporcionada con la masa muscular.

La canal de cordero producida en el Suroeste de España tiene un rendimiento aproximado del 47-48% del cordero vivo. Una vez sacrificado (con 26 kg de peso vivo), el rendimiento al despiece que se obtiene es el siguiente:

Aprovechamiento canales de cordero:



<b>DESPIECE CANAL CORDERO</b>	
<b>COSTILLAR</b>	<b>34,5%</b>
<b>PIERNA</b>	<b>25,5%</b>
<b>PALETILLA</b>	<b>16%</b>
<b>CUELLO Y FALDA</b>	<b>12,6%</b>
<b>MERMA</b>	<b>11,4%</b>

Lo que obtenemos finalmente de un cordero de 26 kg en vivo son cerca de 12 kg de carne, de la cual el 50% son piezas muy bien aceptadas por el consumidor (costillar y paletilla), lo que nos deja otro 50% de más difícil comercialización. Esto abre una opción a la elaboración de productos cárnicos en base a pierna, cuello y falda. Desde diferentes proyectos de I+D+i ya se están abordando este tipo de elaborados para dar una salida comercial a esas piezas cárnicas de menor valor.

### 3. 6 Fuentes

Global Forum 2016, Agralys GbR-Agri benchmark Sheep Network. Presentación realizada Lola Izquierdo (16 de junio Madrid)

Informe exportación ovino y caprino 2019. Cooperativas Agroalimentarias de España

Informe Nacional de Ovino y Caprino 2015, Red Nacional de Granjas Típicas, MAPA (Madrid):

<https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/red-de-granjas-tipicas/ovino-caprino/default.aspx>

MAPA 2019, Informe trimestral sobre el sector ovino de carne, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

Principales indicadores económicos. El sector ovino y caprino en cifras. Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios 2019 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.)

Global Forum 2016, Prospects for global sheep markets and production. Meat and Livestock Australia, agri benchmark global fórum 2016. Presentación hecha por MLA el 16 de junio en Madrid

Situación actual del ovino de carne en el mundo y en mercados internacionales, Ernesto Reyes 2014. Presentación hecha en Castuera (Badajoz el 25 de Mayo en las jornadas de Corderex)

## **4.- DISEÑO EXPERIMENTAL BÁSICO.**

Se trata de determinar los parámetros básicos de crecimiento y aprovechamiento del pienso en corderos alimentados convencionalmente (pienso comercial + paja *ad libitum*) o bien con pienso diseñado con fuentes de fibra fácilmente fermentable (cascarilla de soja y pulpa de remolacha) incorporadas al 10 ó 20%, combinados con la presencia de bicarbonato sódico (1%) o su ausencia, en esos casos sin la disponibilidad de paja de cereal como suplemento forrajero. De esta manera se pretende prevenir la aparición de acidosis en los animales.

La formulación de los piensos compuestos experimentales se recoge en la Tabla 4.1, el objetivo de formulación básico común fue aproximarse al 16% de proteína bruta correspondiente al pienso comercial testigo y mantener la energía ligeramente por debajo de 1 UFC. Los datos mostrados son los previstos en función de la composición media de materias primas indicada por la FEDNA (2019). En todos los casos el pienso tuvo una presentación granulada.

El material y método concreto y utilizado en cada experimento se recoge en el correspondiente capítulo, al igual que su correspondiente bibliografía.

**Tabla 4.1.-** Formulación de los piensos experimentales y testigo granulados.

<b>Piensos</b>	<b>S10B</b>	<b>S20B</b>	<b>R10B</b>	<b>R20B</b>	<b>S10</b>	<b>S20</b>	<b>R10</b>	<b>R20</b>
	Con bicarbonato (1%)				Sin bicarbonato			
Pulpa remolacha			10.0	20.0			10.0	20.0
Cascarilla Soja	10.0	20.0			10.0	20.0		
Bicarbonato Sódico	1.0	1.0	1.0	1.0				
Maíz	33.3	31.3	32.3	29.5	33.3	31.3	33.3	30.5
Cebada	32.0	25.0	32.0	24.9	33.0	26.0	32.0	25.0
Soja 44%	20.0	19.0	21.0	21.0	20.0	19.0	21.0	21.0
Carbonato Cálcico	2.6	2.6	2.5	2.3	2.6	2.5	2.5	2.3
Fosfato Monosódico	0.5	0.5	0.6	0.7	0.5	0.6	0.6	0.7
Cloruro Sódico	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Corrector V-M	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Total granulado	100	100	100	100	100	100	100	100
UFC previstas*	0.96	0.93	0.97	0.95	0.97	0.94	0.98	0.97
P.B. prevista*	16.03	15.83	16.13	16.05	16.14	15.94	16.21	16.12
F.N.D. prevista*	17.10	21.27	15.67	18.41	17.28	21.46	15.76	18.5

S: cascarilla soja; B: bicarbonato sódico; R: pulpa de remolacha; \* Valores estimados

## **4.1.- Bibliografía**

FEDNA (2019). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de los alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 4ª Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. <http://www.fundacionfedna.org/tablas-fedna-composicion-alimentos-valor-nutritivo>. Visita diciembre 2019.



## **5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1.- Estudio preliminar de la viabilidad del cebo sin paja de corderos.**

#### **5.1.1.- Introducción.**

En la UE, la producción cárnica ovina se centra fundamentalmente en la carne de cordero, siendo menos importante la de ovino mayor, esto es debido a las preferencias del consumidor (Díaz y col, 2005). Con todo, y a pesar del continuo descenso en el consumo de carne ovina en el espacio UE, Europa supone el 38% de las importaciones mundiales (Gómez, 2017).

En Extremadura, el sector ovino ha experimentado un proceso de modernización y vertebración a través de las cooperativas ovinas, que supone una reducción del número de intermediarios a lo largo de la cadena de comercialización, haciéndose más competitivo en el mercado (Agronegocios, 2015; CCAE, 2007). De hecho, es la Comunidad Autónoma con más censo ovino (22% del total) y, tras el mínimo censal del año 2014, se observa una ligera recuperación en el número de cabezas con alrededor de 3.7 millones (MAPA, 2018).

La formación de cooperativas implica la construcción de grandes cebaderos y mataderos que centralicen servicios, además de una modernización general de las instalaciones y servicios técnicos prestados. Como consecuencia se está asistiendo no tanto a un incremento de la producción, como a un ahorro de mano de obra para incrementar el beneficio de los ganaderos (Agudo y Cols., 2013; CCAE, 2007), que sería más acentuada si en el cebadero evitáramos la incorporación de forraje como se ejecuta actualmente, dando lugar a pérdidas económicas por la cantidad de forraje despreciado por el animal y, fundamentalmente, el tipo de administración, que en la actualidad se realiza de forma manual. Al mero beneficio económico, habría que sumar un beneficio social, en la medida en que en jornadas festivas no habría necesidad de repartir paja (Aparicio y Cols., 2009).

En teoría la paja es necesaria para garantizar el correcto funcionamiento del rumen, en especial para evitar acidosis (Teixeira y Cols., 2012). En la práctica el ciclo productivo del cordero es muy corto, ya que se desteta con unos 45 días de edad, y se ceba con pienso otros 45 días, por lo tanto, es un animal que apenas rumia y que, está en plena evolución digestiva (Baldwin, 2000). Ello abre la puerta a intentar alimentarlo sólo mediante concentrado, ya que su fermentación es capaz de producir los ácidos grasos volátiles responsables de la maduración ruminal (Baldwin, 2000).

En este contexto, resulta interesante realizar una aproximación inicial a la posibilidad de cebar corderos sin el uso de paja de cereal.

### **5.1.2.- Objetivos.**

Estudiar el efecto que tiene, sobre el crecimiento de corderos, la eliminación del uso de paja de cereal como ración de volumen.

### **5.1.3.- Material y métodos.**

#### **5.1.3.1.- Animales Utilizados.**

Se han utilizado 20 corderos identificados individualmente, todos ellos machos destetados a los 45 días de su nacimiento y perfectamente adaptados a la ingestión de concentrado y paja en su explotación de origen, la Finca La Orden-Valdesequera del CICYTEX (Junta de Extremadura).

Desde un punto de vista sanitario se sometieron al manejo habitual en la explotación, habiendo sido desparasitados y vacunados contra basquilla. En conjunto, se trataba de animales nacidos en la misma semana y con buen estado de salud general.

#### **5.1.3.2.- Dietas experimentales.**

Se dispuso para el ensayo, un pienso comercial granulado para cebo, denominado Casat OC-02 cuya composición química en porcentaje se refleja en la Tabla 5.1.1.

**Tabla 5.1.1.** - Composición analítica del pienso comercial utilizado (sobre materia seca).

Pienso	MS	Cenizas	MO	PB	GB	FB	FND	FAD	LAD
OC-2	90.27	6.67	93.33	17.75	2.65	5.00	22.50	9.77	0.66

Con este pienso se siguieron dos pautas de alimentación que constituyen la base del diseño del experimento:

1. Cebo de corderos con el concentrado comercial Casat OC-02 y paja de cebada (Lote P), ambos *ad libitum*, como es la práctica habitual de manejo en los cebaderos.
2. Cebo de corderos con el concentrado comercial Casat OC-02 *ad libitum*, pero sin paja disponible (Lote C).

La composición química de la paja de cebada utilizada se recoge en la Tabla 5.1.2:

**Tabla 5.1.2.-** Composición analítica de la paja de cereal utilizada (sobre materia seca).

MS	Cenizas	MO	PB	GB	FB	FND	FAD	LAD
92.15	6.66	93.34	3.70	1.96	45.65	79.05	49.97	8.01

### 5.1.3.3.- Controles efectuados:

Los animales fueron alojados en boxes individuales contruidos con cancelas, de manera que se pudo hacer un seguimiento diario, preciso e individual, de la ingestión de pienso y paja mediante la pesada de la cantidad ofertada y rehusada de ambos componentes de la dieta.

De manera semanal, y al inicio y final de la prueba, se procedió a determinar el peso vivo de los animales mediante báscula ganadera digital con 100g de precisión. Las pesadas se realizaron por la mañana, después de retirar los recipientes donde se les suministraba el concentrado y la paja y sin previo ayuno.

Al final de la prueba de crecimiento, se realizó una prueba de digestibilidad, para ello, los arneses se pusieron a los animales, durante los últimos 4 días del periodo experimental previo (prueba individual de crecimiento y consumo), a modo de fase de adaptación a estos dispositivos, ya que no era precisa una adaptación a la dieta. A continuación, y durante un periodo de 5 días consecutivos, se procedió a determinar, individual y diariamente, la producción fecal de cada animal, además de continuar con el control individualizado de consumo de alimentos.

Las heces se pesaron en balanza adecuada (Mettler, PM-2000; 2 kg; 0,01 g), en el momento de su recogida y se desecaron de inmediato hasta su posterior análisis mediante una estufa (Selecta, Indelab-209, FI-720) dotada de circulación de aire forzado y manteniendo la temperatura a 65°C.

Posteriormente se mezclaron las heces provenientes de un mismo animal en días sucesivos, obteniéndose una muestra mediante pesada en balanza de precisión (Sartorius; BP-121-S; 120 g; 0.1 mg) a fin de proceder a su análisis químico que incluyó la determinación de cenizas en hornomuffla (Carbolite; ELF-11/6, 201), para conocer su contenido en materia orgánica.

La digestibilidad individual de cada pienso en cada animal se obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$D = ((g.m.i. - g.m.f.) / (g.m.i.)) \times 100$$

Donde:

**D**= coeficiente de digestibilidad.

**g.m.i.** = gramos de materia ingerida (seca, orgánica, proteína bruta) a través del pienso en los 7 días de control.

**g.m.f.** = gramos de materia fecal (seca, orgánica, proteína bruta) proveniente del pienso en los 5 días de control.

Dado que resulta imposible separar la cantidad de heces provenientes del pienso de las provenientes de la ingestión de paja, de conformidad con los experimentos de digestibilidad (McDonald y Cols., 2010), hemos asumido que no existe interacción entre paja y pienso por lo que la producción de heces asociada a la paja dependerá directamente de la ingestión de ésta y de su digestibilidad.

La ingestión ha sido un parámetro bien conocido, pero al tratarse de corderos, animales jóvenes y en crecimiento, realizar una prueba específica de digestibilidad con una dieta exclusiva de paja de cebada resulta prácticamente inviable, por lo que hemos adoptado una digestibilidad constante de 37,7% en función de los datos recogidos para ganado ovino y paja de trigo (Wales y Cols., 1990), con estos datos, en definitiva, hemos podido determinar la producción fecal asociada al pienso ingerido.

#### **5.1.3.4.- Análisis laboratoriales**

Las distintas muestras de pienso, paja y heces se analizaron para su contenido en humedad, cenizas, proteína bruta, extracto etéreo y fibra bruta, siguiendo el esquema de Weende, de conformidad con las normas oficiales de análisis (DOUE, 2009).

#### **5.1.3.5.- Análisis estadístico de los resultados**

A partir de los datos indicados en el punto previo, se pudieron determinar las siguientes variables: peso vivo y su evolución, ganancia media diaria, ingestión voluntaria de concentrado, ingestión voluntaria de paja, índice de conversión y digestibilidad.

Cada una de las variables se ha descrito mediante su media y desviación típica, el posible efecto del tipo de alimentación recibida sobre dichas variables se determinó mediante un análisis de la varianza a una vía, estableciendo el nivel de significación mínimo en  $p < 0.05$ . En el caso en que fuera pertinente, se utilizó el peso inicial como covariable.

#### **5.1.4.- Resultados y discusión.**

##### **5.1.4.1- Evolución del peso vivo.**

La evolución del peso vivo durante el periodo experimental se recoge en la Tabla 5.1.3. Podemos observar que los corderos del lote paja alcanzaron un mayor peso final, aunque de manera estadísticamente no diferente ( $p > 0.05$ ). Igualmente podemos observar que esta diferencia se explica, en gran medida por los distintos pesos iniciales ya que esta covariable resulta altamente significativa ( $p < 0.001$ ) durante todo el periodo experimental.

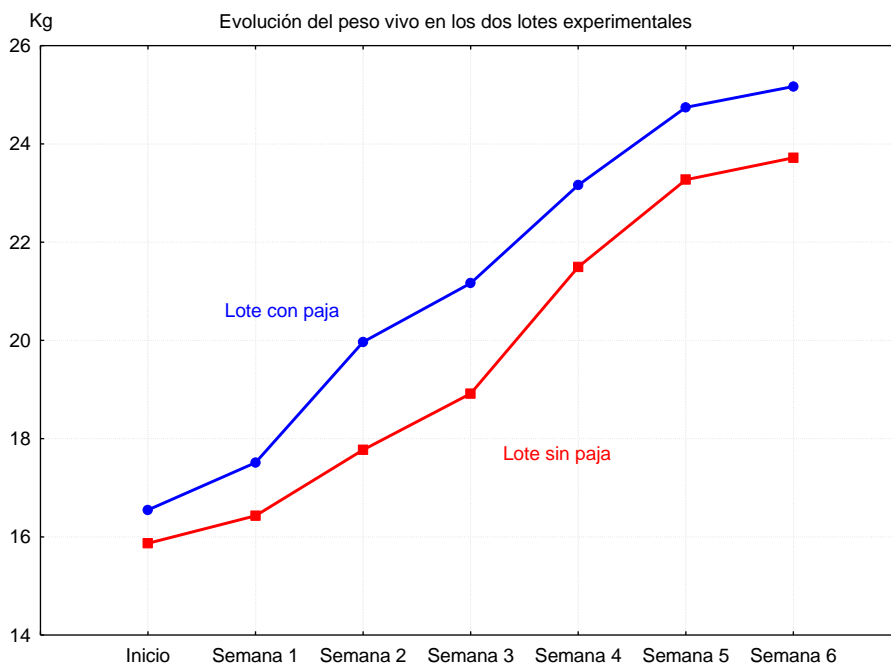
Estos datos aparecen más visibles en el Gráfico 5.1.1, donde vemos que la separación de los pesos es clara en las tres primeras semanas, siguiendo, a partir de este momento, una tendencia paralela.

**Tabla 5.1.3.-** Evolución del Peso Vivo (Kg) (Media  $\pm$  DT). Resultado del análisis de varianza.

P.V.	Inicial (n.s.)	Semana 1 (p<0.05 )	Semana. 2 (p<0.001 )	Semana 3 (p<0.01 )	Seman a 4 (n.s.)	Seman a 5 (n.s.)	Seman a 6 (n.s.)
<b>Cov. Peso inicial</b>		p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001	p<0.001
<b>LOT E P</b>	16.55 $\pm$ 1.12	17.51 $\pm$ 1.25	19.97 $\pm$ 1.08	21.17 $\pm$ 1.65	23.16 $\pm$ 1.54	24.75 $\pm$ 2.01	25.17 $\pm$ 1.87
<b>LOTE C</b>	15.87 $\pm$ 1.35	16.39 $\pm$ 1.39	17.77 $\pm$ 1.66	18.92 $\pm$ 1.83	21.49 $\pm$ 2.04	23.27 $\pm$ 2.51	23.72 $\pm$ 2.41

Nota, a partir de la Semana 1, actúa como covariable estadística el peso inicial.

**Gráfico 5.1.1.-** Evolución del peso vivo (kg) en ambos lotes durante el periodo experimental.



#### 5.1.4.2.- Ganancia Media Diaria.

En concordancia con los datos de evolución del peso vivo, la ganancia media diaria sólo muestra diferencias estadísticamente



significativas ( $P < 0.01$ ) al comienzo del periodo de cebo (Tabla 5.1.4). En todo caso las cifras promedio correspondientes a todo el periodo de cebo no resultan diferentes desde el punto de vista estadístico.

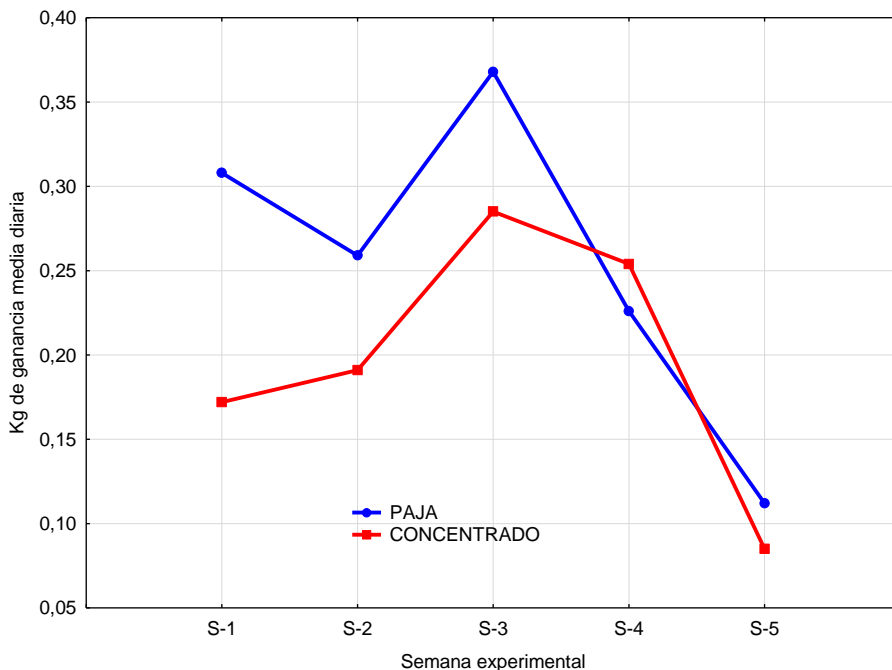
El Gráfico 5.1.2 nos muestra como en las tres primeras semanas hay una separación clara entre lotes, pero esta va disminuyendo cuando va avanzando el experimento.

En ambos lotes la ganancia media observada ha sido inferior a los 300g/día indicados por Bello y Cols. (2013) como promedio para cebaderos de corderos o el propio Ministerio de Agricultura para la raza merina (MAPAMA, 2017). Tampoco coincide con lo observado por nosotros en nuestros propios cebaderos (Agudo, 2017). Sin embargo, están cercanos a los indicados por Forero y Cols. (2017), para el crecimiento predestete en esta raza. Así pues, el crecimiento observado no es el habitual para la raza merina, aunque desconocemos que factor ha podido influir en ello ya que, al menos el lote con paja, recibió una alimentación convencional.

**Tabla 5.1.4.- Ganancia Media Diaria (Kg/animal/día) (Media  $\pm$  DT)**

<b>GMD</b>	<b>Semana 1 (p&lt;0.01)</b>	<b>Semana. 2 (n.s.)</b>	<b>Semana. 3 (n.s.)</b>	<b>Semana. 4 (n.s.)</b>	<b>Semana. 5 (n.s.)</b>	<b>Promedio (n.s.)</b>
<b>Cov. Peso inicial</b>	(n.s.)	(n.s.)	(n.s.)	(p<0.05)	(n.s.)	(n.s.)
<b>LOTE P</b>	0.308 $\pm$ 0.081	0.259 $\pm$ 0.108	0.368 $\pm$ 0.085	0.226 $\pm$ 0.089	0.112 $\pm$ 0.091	0.222 $\pm$ 0.030
<b>LOTE C</b>	0.172 $\pm$ 0.063	0.191 $\pm$ 0.107	0.285 $\pm$ 0.107	0.254 $\pm$ 0.097	0.085 $\pm$ 0.056	0.201 $\pm$ 0.037

**Gráfico 5.1.2.-** Evolución de la ganancia media diaria en los lotes experimentales a lo largo del experimento.



#### **5.1.4.3.- Ingestión voluntaria del concentrado.**

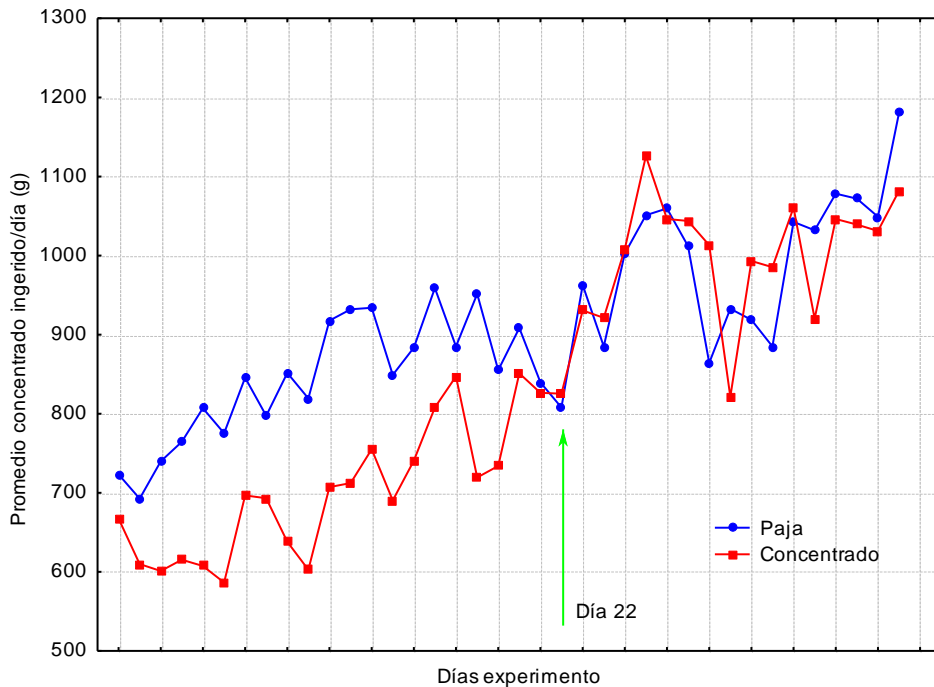
Lo mismo que ocurre con la evolución de peso vivo y ganancia media diaria, las diferencias estadísticamente significativas en la ingestión voluntaria de concentrado (Tabla 5.1.5) se dan al comienzo del periodo de cebo ( $p < 0.05$ ). Para el periodo global, podemos observar que no hay diferencias estadísticamente significativas achacables al tipo de alimentación, aunque sí al peso vivo al comienzo de la prueba. En todo caso, se puede observar una tendencia alcista y cómo, a partir de la 4ª semana, se igualan los consumos, lo que indicaría una buena adaptación de los corderos alimentados sin paja al uso de concentrado como única fuente de alimento. Los valores de consumo son inferiores a los indicados como promedio para un periodo de cebo (900-1.110g) (Bello y Cols., 2013), ello, por sí mismo, explicaría el menor crecimiento previamente indicado. El

Gráfico 5.1.3, permite una fácil visualización de estos resultados y comprobar como es a partir del día 22 de prueba, cuando ambos consumos siguen un comportamiento paralelo.

**Tabla 5.1.5.- Ingestión Voluntaria de Concentrado (media semanal  $\pm$  Dt) (g/día, en M.S.)**

	Semana 1 (p<0.05)	Semana. 2 (p<0.01)	Semana. 3 (n.s.)	Semana. 4 (n.s.)	Semana. 5 (n.s.)	Semana 6 (n.s.)	Promedio (n.s.)
<b>Cov. Peso inicial</b>	p<0.001	p<0.01	(n.s.)	p<0.05	(n.s.)	p<0.05	p<0.05
<b>LOTE P</b>	687.61 $\pm$ 74.91	784.47 $\pm$ 94.98	819.49 $\pm$ 192.79	871.87 $\pm$ 173.40	864.92 $\pm$ 250.32	990.42 $\pm$ 223.52	819.28 $\pm$ 126.67
<b>LOTE C</b>	581.07 $\pm$ 121.30	617.03 $\pm$ 131.62	728.10 $\pm$ 149.18	887.45 $\pm$ 142.16	889.07 $\pm$ 189.79	960.80 $\pm$ 200.41	749.53 $\pm$ 121.06

**Gráfico 5.1.3.- Evolución del consumo de materia seca de concentrado en los lotes experimentales a lo largo del periodo experimental.**



#### 5.1.4.4.- Ingestión voluntaria de paja.

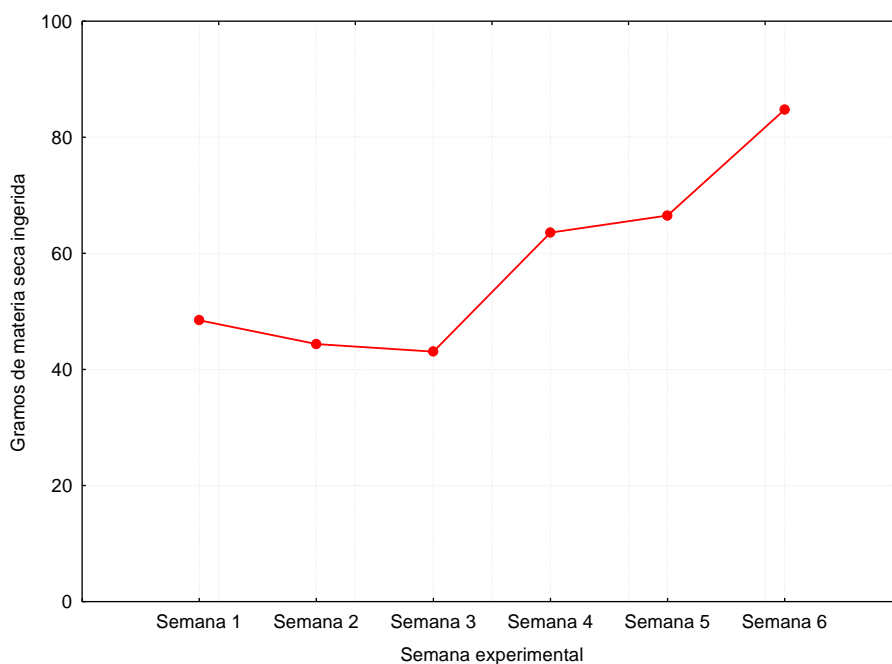
En el lote paja se ha medido la ingestión voluntaria de paja y se observa que, durante las tres primeras semanas (Tabla 5.1.6), esta ingestión ha sido prácticamente constante, produciéndose un aumento a partir de este momento, lo que podría ser indicativo de un mayor desarrollo ruminal, ya que la microbiota ruminal se implanta tras el parto, aunque el rumen no sea funcional (Fonty y Cols., 1987). En el Gráfico 5.1.4 se puede ver con claridad lo descrito anteriormente.

En cuanto a la cantidad ingerida, puede deducirse que viene a ser un 6.7% de la materia seca ingerida en forma de pienso; se trata de una cantidad inferior al 10% tomado como referencia habitual para el cebo (Bodas y Cols., 2008). Ello abunda en la idea de que el cebo sin paja puede ser viable.

**Tabla 5.1.6.-** Ingestión Voluntaria de Paja (media semanal  $\pm$  Dt) (g/a/día, en M.S.)

Semana <b>1</b>	Semana. <b>2</b>	Semana. <b>3</b>	Semana. <b>4</b>	Semana. <b>5</b>	Semana <b>6</b>	Promedi <b>o</b>
48.89 $\pm$ 20.1 4	44.38 $\pm$ 17.9 6	43.07 $\pm$ 22.3 4	63.38 $\pm$ 26.8 7	66.54 $\pm$ 37.0 1	84.77 $\pm$ 51.1 8	54.79 $\pm$ 23.26

**Gráfico 5.1.4.-** Evolución del consumo de materia seca de paja a lo largo del periodo experimental.



#### **5.1.4.5.- Índice de conversión.**

En función de los resultados mostrados hasta ahora, el índice de conversión se revela como el indicador de mejor calidad. Tal y como podemos comprobar en la Tabla 5.1.7 y gráfico 5.1.5, el comportamiento del índice de conversión sólo presenta diferencias estadísticamente significativas al comienzo de la prueba ( $p < 0.05$ ). Quizás lo más interesante sea que al analizar el conjunto del periodo experimental, vemos que los valores se estabilizan y no existen diferencias estadísticamente significativas, ya que los valores encontrados son muy semejantes.

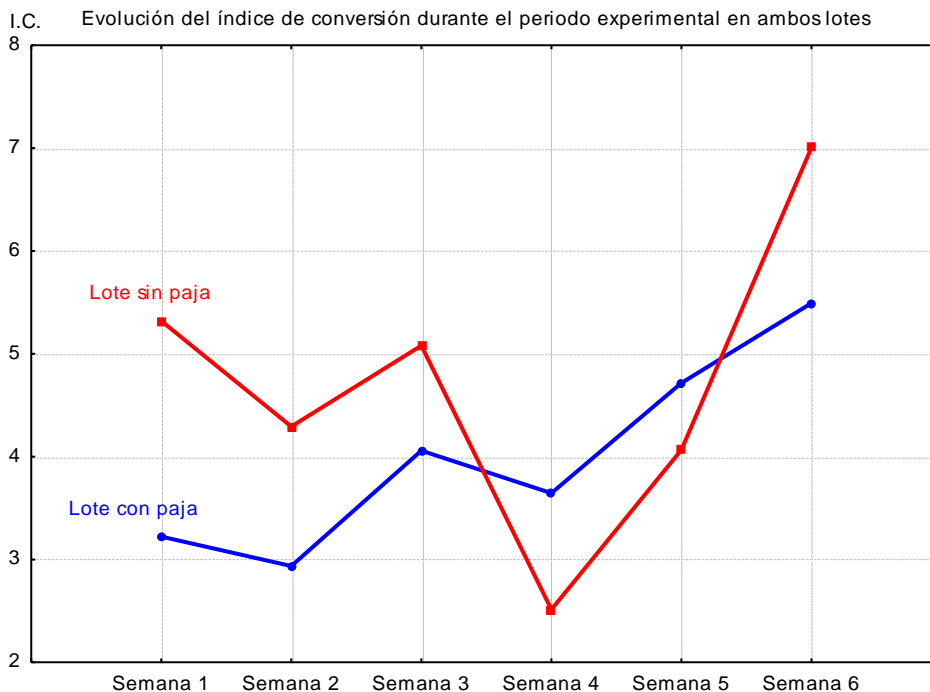
En cuanto a los valores promedios de ambos lotes se tratan, en todo caso, de valores absolutamente normales en el ámbito del cebo de corderos (Bello y Cols., 2013; Gutiérrez, 2015. Estos resultados pueden llamar la

atención, atendiendo a los resultados previos de consumo y crecimiento, sin embargo, la digestibilidad (tabla 6) explica estos, al ser superior ( $p<0.05$ ) en los animales que sólo comieron concentrado.

**Tabla 5.1.7.-** Evolución del índice de conversión.

	Semana 1 ( $p<0.05$ )	Semana 2 ( $p<0.05$ )	Semana 3 (n.s.)	Semana 4 (n.s.)	Semana 5 (n.s.)	Semana 6 (n.s.)	Promedio (n.s.)
<b>Cov. Peso inicial</b>	(n.s.)	(n.s.)	(n.s.)	(n.s.)	(n.s.)	(n.s.)	(n.s.)
<b>LOTE P</b>	3.22±0.85	2.94±0.66	4.06±2.28	3.65±1.42	4.72±2.13	5.49±1.69	3.84±0.48
<b>LOTEC</b>	5.32±2.43	4.29±1.45	5.08±3.35	2.51±0.64	4.07±1.82	7.00±3.49	3.74±0.49

**Gráfico 5.1.5.-** Evolución del índice de conversión de los lotes de corderos durante el periodo experimental.



#### 5.1.4.6.- Coeficiente de digestibilidad.

La Tabla 5.1.8 muestra los resultados de digestibilidad, encontrando diferencias significativamente estadísticas entre ambos lotes para el coeficiente de digestibilidad de materia seca y materia orgánica, siendo mayor la digestibilidad registrada en el lote concentrado que en el lote paja. Estos resultados hay que analizarlos con cierta cautela, ya que el procedimiento de cálculo prefija la digestibilidad de la paja, pudiendo alterar los valores reales finales del a digestibilidad calculada para el concentrado.

Respecto a los valores, son los esperables, incluso en la parte alta de la media, para un concentrado comercial para cebo de corderos (Cuesta y Cols., 2003; Blanco y Cols., 2017).

**Tabla 5.1.8.-** Coeficiente de Digestibilidad “in vivo” (%) (valores medios  $\pm$  desviación típica).

	<b>CD MS (P&lt;0.05)</b>	<b>CD MO (P&lt;0.05)</b>
<b>LOTE P</b>	79.21 $\pm$ 2.94	81.04 $\pm$ 08
<b>LOTE C</b>	83.06 $\pm$ 0.70	85.00 $\pm$ 0.46

En conjunto, estos datos parecen indicar que, en edades juveniles, la paja no es estrictamente necesaria en el cebo de ovinos, resultado en los que coincidimos con Teixeira y Col. (2014), quienes llegan a la misma conclusión con corderos de raza Rasa Aragonesa. Estos autores, en definitiva, consideran que la paja de cereal puede contribuir de manera efectiva a un enriquecimiento ambiental, pero no es necesaria nutricionalmente.

### **5.1.5.- Conclusiones parciales.**

De los resultados experimentales obtenidos se puede concluir:

- 1.- El cebo de corderos mediante pienso comercial sin la utilización de paja de cereal resulta técnicamente viable, sin que aparezcan reacciones adversas manifiestas en los corderos.
- 2.- Con todo, analizando los resultados globalmente, se aprecia una superioridad en los resultados de los animales que recibieron paja, por lo que se precisan nuevos trabajos para optimizar la composición del concentrado utilizado, de manera que se igualen los resultados.

### **5.1.6.- Bibliografía.**

- Agronegocios (2015). Cooperativas Agroalimentarias Extremadura cierra 2015 como el año de la integración. Agronegocios, Diciembre 2015. <http://www.agronegocios.es/39212-2/>. (Visita octubre 2017).
- Agudo, B.; Rodríguez, A.; Pulido, A.F.; Gaspar, P. (2013). Análisis de rentabilidad en explotaciones de ovino de carne. Mundo Ganadero, septiembre.
- Agudo, B. (2017). Aportación personal.
- Aparicio, M.A.; Vargas, J.D.; Aceituno, O.; Prieto, L.; Robledo, J.; González, F.; Andrada, J.A. (2009). Análisis del bienestar animal en el cebo de corderos merinos mediante el comportamiento. Datos preliminares. XXXIV Congreso de la S.E.O.C., Barbastro.
- Baldwin, R.L. (2000). Sheep gastrointestinal development in response to different dietary treatments. *Small Ruminant Research*, 35: 39-47.
- Bello, J.M.; Arroyo, G.; Lavín, P.; Mantecón, A.R. (2013). Variaciones en la respuesta productiva de corderos en cebo en condiciones prácticas de explotación: efecto del peso vivo, sexo, genotipo y época. XXXVIII Jornadas de la S.E.O.C., Málaga.
- Blanco, M.; Rufino, P.J.; Lobón, S.; Casasús, I.; Joy, M. (2017). La digestibilidad aparente de la materia orgánica y el nitrógeno según el nivel de inclusión de guisante en pienso para el cebo de corderos. AIDA, XVII Jornadas sobre Producción Animal: 156-158.



- Bodas, R.; Giráldez, F.J.; López, O.; Rodríguez, A.B. (2008). Uso de la pulpa de remolacha en el cebo de corderos. *Albéitar*, 120: 14-17.
- CCAE (2007). Actuaciones para la adaptación y desarrollo del sector ovino de carne. Confederación de Cooperativas Agrarias de España. Madrid.
- Cuesta, A.; Ranilla, M.J.; Giráldez, F.J.; Mantecón, A.R.; Carro, M.D. (2003). Efecto de la inclusión de malato en el pienso de corderos en cebo, sobre la ingestión, la digestibilidad y el rendimiento productivo. *ITEA, Extra*, 24: 762-764.
- DOUE (2009). Reglamento CE nº 152/2009 de la Comisión, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los piensos. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 26/02/2009.
- Díaz, M.T.; Álvarez, I.A.; De la Fuente, J.; Sañudo, C; Campo, M.M.; Oliver, M.A.; Font, M.; Montossi, F.; San Julián, R.; Nute, G.R.; Cañeque, V. (2005). Fatty acid composition of meat from typical lamb production systems of Spain, United Kingdom, Germany and Uruguay. *Meat Science*, 71: 256-263.
- Fonty, G.; Gouet, F.; Jouany, J.P.; Senaud, J. (1987). Establishment of the microflora and anaerobic fungi in the rumen of lambs. *Journal of General Microbiology*, 133: 1835-1843.
- Forero, F.J.; Venegas, M.; Alcalde, M.J.; Daza, A. (2017). Peso al nacimiento y al destete y crecimiento de corderos Merinos y cruzados con Merino Precoz e Ile de France: análisis de algunos factores de variación. *Archivos de Zootecnia*, 66: 89-97.
- Gómez, C. (2017). Situación global del sector de la carne de ovino. Euroganadería.eu. [http://www.euroganaderia.eu/sector-carne-ovino/reportajes/situacion-global-del-sector-de-la-carne-de-ovino\\_895\\_11\\_1472\\_0\\_1\\_in.html](http://www.euroganaderia.eu/sector-carne-ovino/reportajes/situacion-global-del-sector-de-la-carne-de-ovino_895_11_1472_0_1_in.html) . (Visita octubre 2018).
- Gutiérrez, J.I. (2015). Efecto de la adición de subproductos derivados del tomate y otras fuentes de antioxidantes durante el cebo de corderos de raza merina sobre la calidad de la canal y de la carne fresca y envasada en atmósferas protectoras. Tesis Doctoral. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura.
- McDonald, P.; Edwards, R.A.; Greenhalgh, J.F.D.; Morgan, C.A.; Sinclair, L.A.; Wilkinson, R.G. (2010). *Animal Nutrition*. Prentice Hall, Harlow, England, U.K.

- MAPA (2018). El sector ovino y caprino en cifras. Principales indicadores económicos. Actualizado a Mayo de 2018. Subdirección General de Productos Ganaderos. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- MAPAMA (2017). Catálogo oficial de razas. Oveja Merina. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.
- Teixeira, D.L.; Miranda, G.C.; Villaroel, M.; García, S.; Sañudo, C.; María, G.A. (2012). Effect of straw on lamb welfare, production performance and meat quality during the finishing phase of fattening. *Meat Science*, 92: 829-836.
- Teixeira, D.L.; Miranda de la Lama, G.C.; Villaroel, M.; Escós, J.; María, G.A. (2014). Lack of straw during finishing affects individual and social lamb behavior. *Journal of Veterinary Behavior*, 9: 177-183.
- Wales, W.J.; Doyle, P.T.; Pearce, G.R. (1990) The feeding value of cereal straws for sheep. I Wheat Straws. *Animal Feed Science and Technology*, 29: 1-14.

## **5.2.-Prueba de libre elección de alimentos en corderos de cebo.**

### **5.2.1.- Introducción.**

Las pruebas de alimentación de animales con distintos alimentos a libre disposición (*free choice*) son una prueba empírica que han demostrado su viabilidad en distintas especies, permitiendo alcanzar un equilibrio nutricional de los animales en estas condiciones. Este hecho se basa en la capacidad que tienen los animales para regular la energía y proteína ingerida y llegar a equilibrar sus dietas de manera adecuada (McDonald y Cols., 2010). Las aves responden especialmente bien a este planteamiento que es conocido desde hace tiempo y puede utilizarse en condiciones prácticas (Farrell y Col., 1981; Picard y Col., 1993), aunque también se ha demostrado esta capacidad en porcinos (Ettle & Roth, 2009; Meyer, 2003). A pesar de opiniones en contra como la expresada por McDonald y Col. (2010), este comportamiento también se ha podido evidenciar en corderos, siendo capaces de alcanzar crecimientos semejantes a los que reciben un concentrado con formulación equilibrada (Gorgulu y Col., 1996; Kyriazakis & Oldham, 1993).

Por ello nos planteamos evaluar cuál es el comportamiento de selección de alimentos en corderos que dispongan libremente de distintas fuentes de alimentos. Esta prueba se orienta no tanto a evaluar la posibilidad de conseguir un crecimiento normal en estas condiciones, como a determinar que estrategias de selección de alimento sigue el cordero en ausencia de paja, a fin de facilitar la acción posterior de formulación de piensos compuestos que, en última instancia, sea de uso práctico.

### **5.2.2.- Objetivos.**

Determinar si corderos alimentados con dietas de libre elección, en ausencia de paja disponible adoptan estrategias de alimentación orientadas a evitar la acidosis ruminal.

### **5.2.3.- Material y métodos.**

#### **5.2.3.1.- Animales utilizados**

Los corderos utilizados, procedían del rebaño experimental de la Finca Experimental Valdesequera. Utilizándose 9 animales identificados individualmente, todos ellos machos destetados a los 45 días de su nacimiento y perfectamente adaptados a la ingestión de concentrado y paja en su explotación de origen.

Los animales fueron recepcionados en la Granja de la Facultad de Veterinaria (Universidad de Extremadura), donde se realizaría la prueba. Los corderos cuando llegaron a la granja, estaban desparasitados y vacunados contra basquilla en su finca de origen. Se trataba de animales nacidos en la misma semana y con buen estado general de salud.

### **5.2.3.2.- Dietas experimentales**

En función de los objetivos planteados, los animales se alojaron en boxes individuales, en los que tenían acceso, a libre disposición, a 6 tipos de alimentos/materias primas que describimos a continuación en función de sus características comunes:

- .- Base energética 2 cereales, cebada y maíz.
- .- Base proteica 2 harinas, de soja 44% de proteína bruta y de girasol 28% de proteína bruta.
- .- Base fibra fermentable: pulpa de remolacha y cascarilla de soja.

La forma de presentación era la natural en el caso de la cebada, el maíz se troceó mediante un molino de rodillos, el resto de materias primas tenía una presentación en gránulo, conforme se comercializan para la fabricación de piensos compuestos.

En todos los casos, tenían disponible una piedra de corrector vitamínico mineral para lamer y atender a sus necesidades.

### **5.2.3.3.- Controles efectuados:**

Se controló diariamente la ingestión de cada tipo de alimento y para cada animal en función de la diferencia entre la comida ofertada y la rechazada.

Para ello los animales tuvieron un periodo controlado de adaptación de 7 días, seguido de un control efectivo durante 4 semanas.

### **5.2.3.4.- Análisis estadístico de los resultados:**

A partir de los valores individuales se obtiene el valor de consumo medio de los distintos alimentos.

### **5.2.4.- Resultados y discusión:**

Durante la prueba el cordero 6 falleció, por lo que el número efectivo de corderos fue 8. En el resto de animales no se observó ninguna anomalía aparente en su salud y/o comportamiento. La Tabla 5.2.1 resume la ingestión media individual de materia seca y el promedio de los distintos corderos. Puede apreciarse la gran heterogeneidad en el comportamiento selectivo. La ingestión promedio de los distintos alimentos se representa en el Gráfico 5.2.1., puede apreciarse una sobreingestión de materiales proteicos.

**Tabla 5.2.1:** ingestión media diaria de las distintas materias primas por parte de los corderos experimentales.

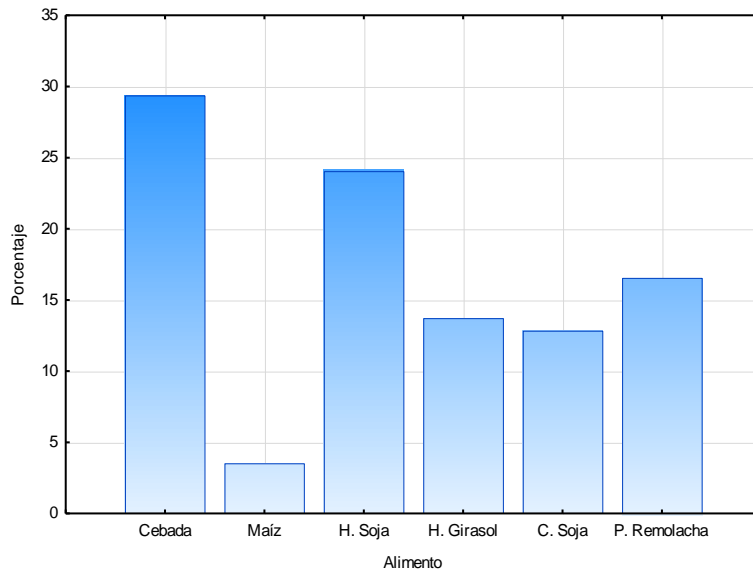
<b>Cordero</b>	<b>Cebada</b>	<b>Maíz</b>	<b>H. Soja</b>	<b>H. Girasol</b>	<b>C. Soja</b>	<b>P. Remolacha</b>
<b>1</b>	74.41±48.45	22.44±16.34	290.96±78.41	293.44±91.13	386.23±108.60	154.56±51.46
<b>2</b>	218.04±106.54	8.93±9.78	191.22±53.50	218.56±79.88	152.00±83.14	141.19±47.92
<b>3</b>	299.85±84.96	72.07±48.06	256.85±51.30	230.11±65.04	49.04±33.36	241.52±49.05
<b>4</b>	548.52±135.96	40.19±60.65	277.41±101.06	151.3±66.82	80.96±63.52	207.52±75.28
<b>5</b>	260.30±84.06	0.63±2.69	576.07±94.26	72.33±61.02	59.85±68.13	150.30±51.90
<b>7</b>	325.44±189.09	21.33±28.28	212.56±99.62	11.15±11.85	88.30±49.24	240.74±91.41
<b>8</b>	438.59±139.14	2.81±5.73	123.07±124.42	162.33±130.23	84.81±59.77	153.41±118.01
<b>9</b>	311.22±152.44	128.15±83.47	116.30±52.76	19.59±26.77	193.00±131.75	110.15±58.24
<b>Promedio</b>	310.18±141.98	36.98±43.75	254.04±145.46	144.77±102.95	135.49±111.31	174.74±48.16
<b>%</b>	<b>29.37</b>	<b>3.50</b>	<b>24.05</b>	<b>13.71</b>	<b>12.83</b>	<b>16.54</b>

De hecho, si se formulara un pienso compuesto de cebo bajo las indicaciones mostradas en el Tabla 5.2.1., proporcionaría los siguientes valores nutritivos (Tabla 5.2.2., Gráfico 5.2.1), que se podría definir como pienso hiperproteico y fibroso que, en todo caso, está muy por encima de las recomendaciones del INRA (2018) que, en el mejor de los casos fija un nivel de 115g PDIN/UFC, ampliamente superado en nuestros corderos.

**Tabla 5.2.2:** perfil nutricional del pienso compuesto generado a partir de la ingestión voluntaria de alimentos (valores sobre materia seca)

UFC	% PB	%EE	%Cen	%FB	%FND	gPDIN	gPDIE
1.02	22.72	1.82	5.43	15.95	31.82	157.0	133.5

**Gráfico 5.2.1.-** Perfil de la ingestión voluntaria promedio de los distintos alimentos disponibles.



Como datos más reseñables podemos indicar varios, quizás lo más llamativo es el prácticamente nulo consumo de maíz que efectúan los animales, a pesar de su presentación partida, que debería facilitar la ingestión.

El comportamiento ingestivo, podemos resumirlo en tres grandes grupos: cereal, proteína y fibra, dando lugar a la Tabla 5.2.3.

**Tabla 5.2.3.-** Porcentaje individual y global de ingestión en cada cordero de los ingredientes básicos agrupados por categoría

<b>Cordero</b>	<b>% Cereal</b>	<b>% Proteicos</b>	<b>% Fibrosos</b>
<b>1</b>	7.95	47.78	44.28
<b>2</b>	24.61	44.04	31.35
<b>3</b>	32.30	42.37	25.33
<b>4</b>	45.10	32.69	22.20
<b>5</b>	23.37	58.07	18.56
<b>7</b>	38.30	24.83	36.87
<b>8</b>	46.34	29.17	24.50
<b>9</b>	50.60	15.43	33.98
<b>Promedio</b>	<b>33.57</b>	<b>36.80</b>	<b>29.63</b>

Respecto a la estrategia seguida por los corderos para mitigar la posible acidosis ruminal generada por la ausencia de paja en la ración (Enemark y Col., 2002; Blanco y Col., 2015), se pueden observar varias, por una parte, la sobreingestión de fuentes de proteína, que originaría una mayor producción de amoníaco en el rumen y, con ello, un efecto tampón sobre la acidosis (Katthab y Col., 2013; Aguerre y Col., 2009), ejemplo de ello serían los animales 1, 3 ó 5.

Otra estrategia, es la que sigue el animal 9, consistente en ingerir elevadas cantidades de fibra fácilmente fermentable, que también ejercería su función tamponadora (Bodas y Col., 2007; Asadollahi y Col., 2016).

En todo caso puede apreciarse una ingestión combinada promedio de prácticamente el 30% de material fibroso fermentable.

### **5.2.5.- Conclusiones:**

De los resultados experimentales obtenidos se puede concluir:



- 1.- Corderos alimentados bajo condiciones de libre elección, establecen estrategias de alimentación dirigidas a evitar la acidosis ruminal.
- 2.- Dichas estrategias no son universales y se basan en ingerir niveles elevados de proteína o de fibra fácilmente fermentable en el rumen.

### **5.2.6.- Bibliografía:**

- Aguerre, M.; Repetto, J.L.; Pérez-Ruchel, A.; Mendoza, A.; Pinacchio, G.; Cajarville, C. (2009). Rumen pH and NH<sub>3</sub>-N concentration of sheep fed temperate pastures supplemented with sorghum grain. *South African Journal of Animal Science*, 39 (1): 246-250.
- Asadollahi, S.; Sari, M.; Erafanimajd, N.; Chaji, M.; Mamoui, M.; Kiani, A. (2016). Effects of partially replacing barley with sugar beet pulp, with and without roasted canola seeds, on performance, rumen histology and fermentation patterns in finishing Arabian lambs. *Animal Production Science*, 58(5): 848-855.
- Blanco, C.; Giráldez, F.J.; Prieto, N.; Benavides, J.; Wattedgedera, S.; Morán, L.; Andrés, S.; Bodas, R. (2015). Total mixed ration pellets for light fattening lambs: effects on animal health *Animal*, 9(2): 258-266.
- Bodas, R.; Giráldez, F.J.; López, S.; Rodríguez, A.B.; Mantecón, A.R. (2007). Inclusion of sugar beet pulp in cereal-based diets for fattening lambs. *Small Ruminant Research*, 71: 250-254.
- Enemark, J. (2008). The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): A review. *The Veterinary Journal* 176, 32-43.
- Ettle, T.; Roth, F.X. (2009). Dietary selection for lysine by piglets at differing feeding regimen. *Livestock Science*, 122: 259-263.
- Farrell, D.J.; Hamid, R.; Hutagalung, R.I. (1981). Free choice feeding of laying hens in the humid tropics. *Tropical Animal Production*, 6(1): 22-29.
- Gorgulu, M.; Demir, E.; Oztukcan, O.; Forbes, J.M. (1996). Nutritional consequences among ingredients of free-choice feeding Awassi lambs. *Small Ruminant Research*, 20(1): 23-29.
- INRA (2018). INRA feeding system for ruminants. Wageningen Academic Publishers, Netherlands.

- Katthab, I.M.; Salem, A.Z.M.; Abdel-Wahed, A.M.; Kewan, K.Z. (2013). Effects of urea supplementation on nutrient digestibility, nitrogen utilisation and rumen fermentation in sheep fed diets containing dates. *Livestock Science*, 155: 223-229.
- Kyriazakis, I.; Oldham, J.D. (1993). Diet selection in sheep: the ability of growing lambs to select a diet that meets their crude protein (nitrogen $\times$ 6.25) requirements. *Br. J. Nutr.* 69, 617–629.
- McDonald, P.; Edwards, R.A.; Greenhalgh, J.F.D.; Morgan, C.A.; Sinclair, L.A.; Wilkinson, R.G. (2010). Voluntary intake of food. In: *Animal Nutrition*. Prentice Hall, Harlow, England, U.K.
- Meyer, R.O. (2003). Free-Choice feeding of whole corn and supplement to growing-finishing swine. University of Florida Extension Paper AS41.
- Piccard, M.; Sauveur, B.; Fenardji, F.; Angulo, I.; Mongin, P. (1993). Ajustements technico-economiques possibles de l'alimentation des volailles dans les pays chauds. *INRA Productions Animales*, 6(2): 87-103.

### **5.3.-Prueba de crecimiento en corderos de cebo sin utilización de paja de cereal.**

#### **5.3.1.- Introducción.**

El cebo de corderos mediante concentrados y sin la utilización de una fuente de paja ha sido intentada o propuesta en reiteradas ocasiones, aunque tanto con fines de mejora de rendimiento empresarial, como para evidenciar la influencia etológica que la presencia o ausencia de paja pudiera tener. Así Teixeira y Col. (2012, 2014), tratan de comprobar el efecto que tiene la retirada de paja sobre el comportamiento en cebo de corderos, concluyendo que los valores productivos no se ven afectados, ni tampoco la calidad de la carne, si bien la paja puede suponer un enriquecimiento ambiental positivo. Posteriormente, este mismo grupo de investigación (Pascual-Alonso y Col, 2015), señalan como causa del enriquecimiento y mejora de bienestar, simplemente la presencia de paja como cama.

Ya en el año 1985 Kinser y Col., demostraron que era posible alimentar corderos con gránulos de concentrado que incorporaban material fibroso, en su caso zuro de maíz, en su composición. En todo caso su prueba se limitaba al estudio del medio ruminal, sin entrar en un estudio técnico del crecimiento.

Blanco y Col. (2015), abordan el problema incluyendo distintos niveles de paja de cebada molida (5-15-25%) en los gránulos de concentrado, frente a disponibilidad de concentrado y heno de alfalfa o paja larga, concluyendo que la disponibilidad de heno de alfalfa, frente a la paja presentada de distintas maneras redundaba en mejores indicadores de salud

ruminal, si bien no compromete la salud de los animales, sin que aparezcan signos evidentes de enfermedad.

El uso exclusivo de concentrado, sin fuente interna o externa de forraje, no parece tener repercusiones productivas, como indican Simeonov y Col. (2015).

Finalmente, en el año 2019, Rodríguez y col., indican que no sólo es posible cebar corderos con alimentos únicos en formato granulado, que integran un 32% de alfalfa, sino que obtienen mejores rendimientos productivos, frente a una dieta “tradicional” que incluye heno o ensilado como forraje.

Por otra parte, es bien conocido que la presencia de agentes tamponantes, como el bicarbonato, ayudan a regular el pH del rumen, evitando la aparición de acidosis cuando se utilizan elevados niveles de concentrado en la dieta de rumiantes: Alhidary y col. (2019) en corderos, Singh y col. (2017) en cabras, Neville y col. (2019) en vacas lecheras

Así pues, nos encontramos con varios hechos asociados al uso exclusivo de concentrados en el cebo de corderos: la viabilidad de utilizar exclusivamente un concentrado, la heterogeneidad en cuanto a las fuentes de fibra utilizadas y la contradicción de los indicadores metabólicos o técnicos en cuanto a una mejora en el rendimiento.

### **5.3.2.- Objetivos.**

Comprobar la viabilidad técnica de elaborar distintas formulaciones de pienso destinado al cebo de corderos con la inclusión de fuentes de fibra fermentable y/o bicarbonato que permitan el proceso de engorde sin paja.

### **5.3.3.- Material y métodos.**

Cara al objetivo previamente planteado, se abordó el comportamiento en cebo de corderos mediante una prueba de crecimiento realizada en las instalaciones de la Granja de la Facultad de Veterinaria de la UEX.

#### **5.3.3.1.- Diseño básico**

Se trata de determinar los parámetros básicos de crecimiento en corderos alimentados convencionalmente (pienso comercial + paja *ad libitum*) o bien con pienso diseñado con fuentes de fibra fácilmente fermentable (cascarilla de soja y pulpa de remolacha) incorporadas al 10 ó 20%, combinados con la presencia de bicarbonato sódico (1%) o su ausencia. De esta manera se pretende prevenir la aparición de acidosis en los animales.

La formulación de los piensos compuestos experimentales se recoge en la Tabla 5.3.1, el objetivo de formulación básico común fue aproximarse al 16% de proteína bruta correspondiente al pienso comercial testigo y mantener la energía ligeramente por debajo de 1 UFC. Los datos mostrados son los previstos en función de la composición media de materias primas indicada por la FEDNA (2019). En todos los casos el pienso tuvo una presentación granulada.

El criterio seguido para su diseño, además de la información obtenida de las distintas fuentes consultadas, se basa en los resultados experimentales previamente obtenidos en la prueba de consumo voluntario de materias primas por parte de los corderos.

**Tabla 5.3.1.-** Formulación de los piensos experimentales y testigo granulados.

<b>Piensos</b>	<b>S10B</b>	<b>S20B</b>	<b>R10B</b>	<b>R20B</b>	<b>S10</b>	<b>S20</b>	<b>R10</b>	<b>R20</b>
	Con bicarbonato (1%)				Sin bicarbonato			
Pulpa remolacha			10.0	20.0			10.0	20.0
Cascarilla Soja	10.0	20.0			10.0	20.0		
Bicarbonato Sódico	1.0	1.0	1.0	1.0				
Maíz	33.3	31.3	32.3	29.5	33.3	31.3	33.3	30.5
Cebada	32.0	25.0	32.0	24.9	33.0	26.0	32.0	25.0
Soja 44%	20.0	19.0	21.0	21.0	20.0	19.0	21.0	21.0
Carbonato Cálcico	2.6	2.6	2.5	2.3	2.6	2.5	2.5	2.3
Fosfato Monosódico	0.5	0.5	0.6	0.7	0.5	0.6	0.6	0.7
Cloruro Sódico	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Corrector V-M	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Total granulado	100	100	100	100	100	100	100	100
UFC previstas*	0.96	0.93	0.97	0.95	0.97	0.94	0.98	0.97
P.B. prevista*	16.03	15.83	16.13	16.05	16.14	15.94	16.21	16.12
F.N.D. prevista*	17.10	21.27	15.67	18.41	17.28	21.46	15.76	18.5

S: cascarilla soja; B: bicarbonato sódico; R: pulpa de remolacha

### **5.3.3.2.- Animales y su control**

La prueba de crecimiento se realizó en la Granja de la Facultad de Veterinaria de Cáceres, bajo condiciones de control individual de los animales, alojados en boxes, sólo machos y cinco en cada lote. Diariamente se efectuaba la oferta del pienso compuesto en comederos de plástico individuales, cuidando de que al día siguiente quedara, al menos, un 10% de la cantidad ofertada, lo que se considera un consumo voluntario en este tipo de pruebas (Colucci y Col, 1989). De esta manera se pudo establecer el consumo individual. El lote testigo disponía, además, de un comedero con paja de cebada, picada para facilitar el control del consumo. El agua limpia, se reponía diariamente en un cubo.

El control de peso se realizó al inicio de la prueba y de manera semanal, permitiendo un control riguroso del crecimiento

Ambos parámetros permiten determinar el índice de conversión individual.

### **5.3.3.3.-Análisis laboratorial de los piensos.**

Los piensos compuestos se han analizado siguiendo los procedimientos oficiales para alimentos destinados a animales publicados en el BOE (1995).

El primer paso fue homogeneizar las muestras mediante su molido en un molino ciclónico (Retsch ZM200), con un tamiz de 1mm de diámetro.

Para las tareas generales de pesado en el laboratorio se ha utilizado una balanza (Mettler PM300) con precisión 0.01g.

Primeramente, el análisis que se llevó a cabo para determinar los diferentes principios inmediatos fue la partición o análisis de WEENDE que establece los siguientes conceptos:

- Humedad-Materia Seca.
- Cenizas-Materia Orgánica.
- Grasa Bruta.
- Proteína Bruta.
- Fibra Bruta.

De manera resumida, los procedimientos son los siguientes:

**Humedad (H)**: calculada como porcentaje de pérdida de peso hasta peso constante, tras desecación de la muestra a 100°C en estufa (Selecta 210). El contenido en materia seca es el complemento a 100 de la humedad.

**Cenizas Brutas (C.B.)**: se realiza una incineración de una muestra conocida en un Horno Muffla a 550°C (Carbolite ELF 11/6). Tras esta incineración se realiza el pesado del residuo. El contenido en Materia Orgánica se obtiene sustrayendo el contenido en cenizas al total: % M.O. = 100 - % C.B.

**Extracto Etéreo (E.E.)**: se obtiene mediante el procedimiento Soxhlet, pesando el residuo graso que queda tras lavados sucesivos de la muestra con éter de petróleo, el cual arrastra el contenido liposoluble para ello se ha utilizado un sistema automatizado de calefacción y lavado (Raypa Soxtest de 6 plazas).

**Proteína Bruta (P.B.)**: se determina mediante la técnica Kjeldhal que obtiene el nitrógeno total del alimento. Se lleva a cabo en tres fases que, en parte, están semiautomatizadas por sendos aparatos:



- Digestión, tras un ataque con ácido sulfúrico en caliente (440°C), (digestor Gerhardt Kjeldatherm de 24 plazas). el contenido nitrogenado de la muestra se transforma en sulfato amónico.
- Destilación, a la disolución de sulfato amónico obtenida se le añade NaOH, produciéndose NH<sub>3</sub> y vapor de agua. Seguidamente, el amoníaco se destila y el nitrógeno es recogido en una solución de ácido Bórico (destilador automático Gherhardt Vapodest).
- Titulación, consiste en la valoración del nitrógeno previamente obtenido y fijado, se lleva a cabo con HCl 0,1N. Para transformar el nitrógeno destilado en proteína bruta se usa el factor de conversión 6,25. Por lo tanto, la fórmula es: % P.B.= % Nitrógeno x 6,25.

**Fibra Bruta (F.B.):** residuo que se obtiene tras un doble ataque a una muestra con ácido sulfúrico y potasa diluidos (digestor Selecta DosiFiber de 6 plazas) con posterior incineración en un horno Mufla a 550° C (Carbolite ELF 11/6).

**Sustancias Extractivas Libres de Nitrógeno (S.E.L.N.):** es un cálculo numérico que implica todas las determinaciones efectuadas previamente. A 100 se le restan las fracciones obtenidas. Junto con la fibra bruta, teóricamente, representan el total de hidratos de carbono:

$$\%S.E.L.N.= 100 - (\%C.B. + \%E.E. + \%P.B. + \%F.B.)$$

Por otra parte, para poder cuantificar con mayor precisión la fibra total de las muestras, de especial interés en alimentos destinados a rumiantes, hemos determinado la Fibra Neutro Detergente (FND) y Fibra

Ácido Detergente (FAD), mediante el método Van Soest (1967), BOE (1995):

**Fibra Neutro Detergente (FND)**: es el residuo remanente tras la realización de un ataque con una disolución de detergente (lauril sulfato de sodio) a pH neutro, en un digestor Selecta DosiFiber. Esta fracción representa la fibrosidad general del alimento y está relacionada con componentes de mayor volumen y menor digestibilidad localizados en la pared celular vegetal (Celulosa, Hemicelulosa, lignina, proteínas insolubles, minerales, etc).

**Fibra Ácido Detergente (FAD)**: es el residuo remanente tras la realización de un ataque con una disolución a pH ácido con el detergente bromuro de cetiltrimetilamonio en un digestor Selecta DosiFiber. Esta fracción representa la fibra no aprovechable por vía fermentativa y está relacionada con componentes de baja digestibilidad y largo tiempo de retención en el tracto gastrointestinal (estructura de pared de alta lignificación, minerales (Si)).

#### **5.3.3.4.-Análisis estadístico de los resultados.**

Las variables previamente indicadas, se han descrito mediante la media, el error típico y el coeficiente de variación. El posible efecto del tipo de pienso utilizado sobre el valor de dichas variables se ha determinado mediante un análisis de la varianza a una vía, de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + P_j + e_{ij}$$

Donde  $Y_{ij}$  es el valor presentado para la variable Y por el individuo i alimentado con el Pienso j.  $\mu$  es la media general de la variable Y en los

individuos estudiados;  $P_j$  es el efecto atribuible al factor Pienso utilizado (Testigo + 8 experimentales) y  $e_{ijk}$  es el error aleatorio asociado al individuo  $i$ .

En el caso de que las diferencias encontradas fueran estadísticamente significativas entre los piensos ( $p < 0.05$ ), una prueba de Tukey estableció los grupos homogéneos de medias existentes ( $p < 0.05$ ). En el caso de que el valor de significación  $p$  sea  $> 0.05$ ,  $< 0.10$ , se indica la existencia de una tendencia.

El software utilizado para el análisis ha sido el SPSS V23, con licencia de la UEX.

#### **5.3.4.- Resultados y discusión.**

La Tabla 5.3.2 muestra la composición analítica determinada laboratorialmente, el objetivo perseguido del 16% de proteína bruta, referente del pienso testigo, se alcanzó perfectamente. Puede observarse que el pienso comercial testigo tiene un elevado nivel de FND, lo que sugiere que en su fórmula existe algún aporte de materia prima fibrosa, ya que alcanza valores parejos a los piensos experimentales, aunque desconocemos su composición exacta. Otra cuestión llamativa es el bajo nivel de fibra bruta encontrado para los piensos que incorporan pulpa de remolacha, a pesar de que el nivel de FND sí refleja la presencia de dicha pulpa.

**Tabla 5.3.2.- Composición química (%) de la paja y piensos utilizados (sobre materia seca).**

Variable	PAJ	C	S10	S20	R10	R20	S10	S20	R1	R2
s	A		B	B	B	B			0	0
<b>MS</b>	92.15	90.27	90.53	90.60	90.38	90.70	90.34	90.43	90.68	90.56
<b>Ce</b>	6.14	6.02	6.66	6.59	6.52	6.30	6.02	6.51	5.64	6.41
<b>MO</b>	93.86	93.98	93.34	93.41	93.48	93.70	93.98	93.49	94.36	93.59
<b>PB</b>	3.41	16.02	16.17	16.23	16.02	15.94	15.96	16.08	16.24	16.24
<b>GB</b>	1.81	2.39	2.57	2.69	2.61	2.37	2.76	2.51	2.65	2.69
<b>FB</b>	41.51	3.91	4.13	8.76	2.62	3.17	4.25	6.88	1.51	3.06
<b>FND</b>	72.84	20.31	18.96	22.30	15.83	18.16	17.13	23.91	16.79	17.98
<b>FAD</b>	46.05	8.82	9.04	13.62	7.54	8.09	9.16	11.76	6.45	7.98

C: pienso testigo comercial; S: cascarilla soja; B: bicarbonato sódico; R: pulpa de remolacha; MS: materia seca; Ce: ceniza; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; GB: grasa bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente.

La Tabla 5.3.3 muestra el peso de los corderos al inicio de la prueba, los pesos resultan estadísticamente similares y coinciden con el peso típico de comienzo del cebo en corderos merinos (López y Col., 2015; MERAGEM, 2011). El peso promedio está situado en 15.8kg, con variaciones entre los 14.7kg del lote R20 y los 15.5kg del lote Control.

**Tabla 5.3.3.- Peso vivo de los corderos (kg) al inicio del periodo de cebo.**

Lote(n.s.)	Media	D.T.	C.V.
<b>Control</b>	16.46	2.51	15.23
<b>S10B</b>	16.36	2.71	16.56
<b>S20B</b>	16.02	2.59	16.15
<b>R10B</b>	16.18	2.46	15.20
<b>R20B</b>	15.86	1.65	10.39
<b>S10</b>	15.50	1.59	10.25
<b>S20</b>	15.98	1.89	11.84

<b>R10</b>	14.94	1.25	8.35
<b>R20</b>	14.70	1.16	7.87
<b>Todos</b>	15.78	1.95	12.36

La Tabla 5.3.4 muestra el peso al final de la primera semana de control (7 días), en general, los valores de los distintos lotes, tienden a converger en el valor medio general. El peso promedio se ha incrementado hasta los 17.8kg, el peso bajo para al lote S10 (16.8kg) y el lote Control mantiene la supremacía con (18.6kg).

**Tabla 5.3.4.-** Peso vivo de los corderos (kg) tras la primera semana de cebo.

<b>Lote(n.s.)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	18.60	2.99	16.08
<b>S10B</b>	18.12	2.72	15.01
<b>S20B</b>	18.26	2.94	16.08
<b>R10B</b>	18.50	2.81	15.19
<b>R20B</b>	17.72	2.04	11.49
<b>S10</b>	16.82	2.15	12.77
<b>S20</b>	17.38	3.07	17.67
<b>R10</b>	17.54	1.75	9.99
<b>R20</b>	17.38	1.56	8.96
<b>Todos</b>	17.81	2.34	13.12

La Tabla 5.3.5 muestra el peso al final de la segunda semana de control (14 días), nuevamente, podemos observar una convergencia den los distintos lotes hacia el valor promedio global, a la vez que una tendencia a disminuir la variabilidad intragrupo, medida a través del coeficiente de variación. El peso promedio, por su parte, sube hasta los 19.8kg, el menor peso continúa en el lote S10 (18.7kg), y el lote Control conserva el mayor peso (20.72kg).



**Tabla 5.3.5.-** Peso vivo de los corderos (kg) tras la segunda semana de cebo.

<b>Lote (n.s.)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	20.72	3.11	15.02
<b>S10B</b>	20.08	3.36	16.71
<b>S20B</b>	20.54	3.10	15.11
<b>R10B</b>	20.46	2.93	14.31
<b>R20B</b>	19.42	1.80	9.29
<b>S10</b>	18.70	2.24	11.96
<b>S20</b>	19.58	3.60	18.41
<b>R10</b>	19.16	2.02	10.54
<b>R20</b>	19.48	1.50	7.69
<b>Todos</b>	19.79	2.55	12.88

La Tabla 5.3.6, nos indica el peso vivo correspondiente al final de la tercera semana de cebo (21 días), la tendencia convergente respecto al peso medio se manifiesta nuevamente en los distintos lotes. El peso medio alcanzado es de 21.7kg, con el menor peso para el lote S10 (20.7kg) y el mayor peso en el lote control (22.4kg).

**Tabla 5.3.6.-** Peso vivo de los corderos (kg) tras la tercera semana de cebo.

<b>Lote (n.s.)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	22.42	3.52	15.70
<b>S10B</b>	21.86	3.43	15.68
<b>S20B</b>	22.94	3.74	16.32
<b>R10B</b>	22.10	3.01	13.64
<b>R20B</b>	20.84	1.80	8.65
<b>S10</b>	20.72	2.59	12.48
<b>S20</b>	21.50	3.33	15.48
<b>R10</b>	20.86	2.09	10.00
<b>R20</b>	21.78	1.55	7.11
<b>Todos</b>	21.67	2.71	12.51

La Tabla 5.3.7, refleja el peso vivo correspondiente al final de la cuarta semana de cebo (28 días), manteniéndose la convergencia hacia el valor medio en los lotes. El peso promedio ya sube hasta los 23.6kg, con un mínimo en el S10 y R10 (22.7kg) y un máximo en el lote S20B con 24.6kg.



**Tabla 5.3.7.-** Peso vivo de los corderos (kg) tras la cuarta semana de cebo.

<b>Lote (n.s.)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	24.32	3.89	15.99
<b>S10B</b>	23.94	3.37	14.08
<b>S20B</b>	24.60	2.91	11.83
<b>R10B</b>	23.78	2.83	11.89
<b>R20B</b>	22.60	1.67	7.38
<b>S10</b>	22.70	3.01	13.28
<b>S20</b>	23.32	2.88	12.34
<b>R10</b>	22.70	2.20	9.71
<b>R20</b>	24.12	2.09	8.67
<b>Todos</b>	23.56	2.66	11.31

Finalmente, la Tabla 5.3.8 refleja el peso final alcanzado tras cinco semanas de cebo (35 días), alcanzando el peso medio referente de 25 kg de peso vivo, con un peso promedio de 25.1kg, con valores extremos de 23.2kg en el lote R20B y 26.16kg en el lote S20B.

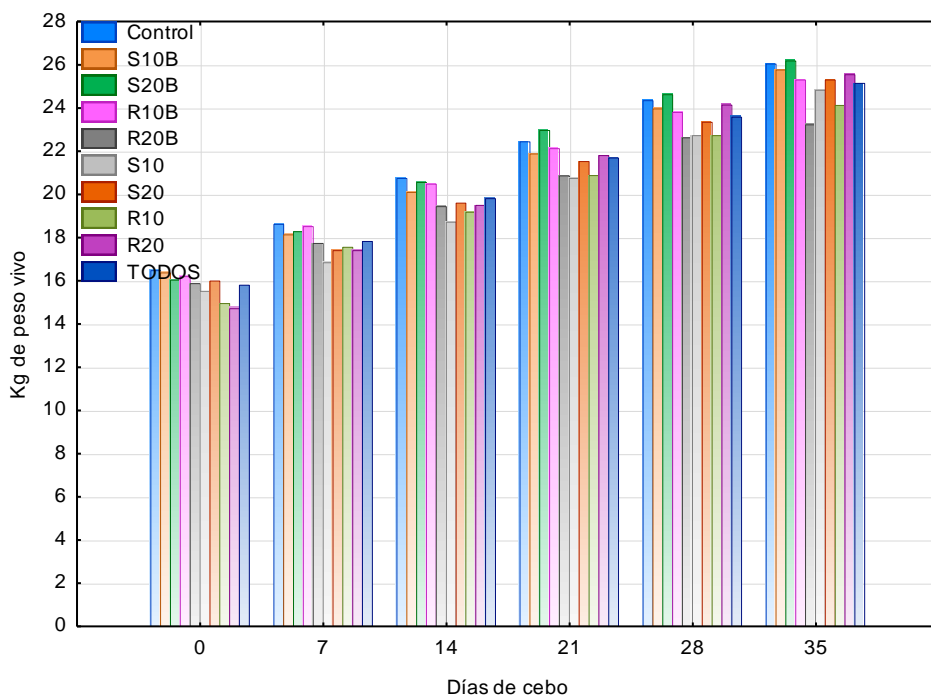
**Tabla 5.3.8.-** Peso vivo de los corderos (kg) tras la quinta semana de cebo.

<b>Lote (n.s.)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	26.02	3.63	13.94
<b>S10B</b>	25.74	3.28	12.75
<b>S20B</b>	26.16	3.04	11.61
<b>R10B</b>	25.28	3.41	13.47
<b>R20B</b>	23.20	1.38	5.96
<b>S10</b>	24.80	3.00	12.09
<b>S20</b>	25.28	3.06	12.10
<b>R10</b>	24.10	1.52	6.33
<b>R20</b>	25.52	2.25	8.80
<b>Todos</b>	25.12	2.72	10.84

En conjunto, lo más destacable es que, en ningún caso, existen diferencias estadísticamente significativas, por otra parte, el cambio entre los lotes que presentan valores extremos en las sucesivas semanas, vienen a reforzar esta idea de falta de efecto asociada al uso de un pienso concreto. Probablemente, resulte más intuitivo y demostrativo, comparar visualmente la evolución del crecimiento en los distintos lotes, durante el periodo de cebo estudiado (Gráfico 5.3.1), que resume el comportamiento observado.

En todo caso son valores habituales en este tipo de corderos, así, MERAGEM (2011) indica un peso tipificado a los 75 días de 24.91kg en machos procedentes de partos simples.

**Gráfico 5.3.1.-** Evolución del peso durante el periodo experimental en los distintos lotes.



La variable ganancia media diaria, probablemente resulte más demostrativa, al evidenciar el potencial de crecimiento de cada lote y de los animales en su conjunto. En este sentido, la Tabla 5.3.9 muestra la ganancia media diaria durante la primera semana de control (días 0-7). El valor promedio, de 290g/día resulta importante y está en línea con lo indicado por otros autores en corderos merinos de peso semejante. Existe una clara dispersión en la respuesta de los diferentes lotes, pero la elevada variabilidad intragrupo existente, dificulta que, estadísticamente, se puedan evidenciar diferencias. A pesar de la notable diferencia entre los valores extremos: 189g en S10 y 382g en R20. En una valoración general, parece que la presencia de cascarilla de soja disminuye la respuesta de los animales frente a la presencia de pulpa de remolacha.

**Tabla 5.3.9.-** Ganancia media diaria (g) de los corderos en la primera semana de control.

<b>Lote (n.s.)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	305.71	81.19	26.56
<b>S10B</b>	251.43	29.62	11.78
<b>S20B</b>	320.00	133.86	41.83
<b>R10B</b>	331.43	139.39	42.06
<b>R20B</b>	265.71	97.21	36.58
<b>S10</b>	188.57	165.18	87.60
<b>S20</b>	200.00	170.53	85.27
<b>R10</b>	371.43	82.68	22.26
<b>R20</b>	382.86	91.14	23.80
<b>Todos</b>	290.79	125.77	43.25

En la Tabla 5.3.10, se muestran los valores de ganancia media diaria correspondientes a la segunda semana de control, podemos observar un mantenimiento de los valores (283g de media), así como una mayor

homogeneidad en la respuesta de los lotes el valor mínimo se corresponde con el lote R10 (231g) y el máximo con el S20B (326g).

**Tabla 5.3.10.-** Ganancia media diaria (g) de los corderos en la segunda semana de control.

<b>Lote (n.s.)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	302.86	23.47	7.75
<b>S10B</b>	280.00	99.28	35.46
<b>S20B</b>	325.71	60.10	18.45
<b>R10B</b>	280.00	52.10	18.61
<b>R20B</b>	242.86	76.26	31.40
<b>S10</b>	268.57	51.90	19.33
<b>S20</b>	314.29	86.31	27.46
<b>R10</b>	231.43	117.11	50.60
<b>R20</b>	300.00	113.84	37.95
<b>Todos</b>	282.86	79.40	28.07

La Tabla 5.3.11, muestra la ganancia media diaria en la tercera semana de control, los valores del lote control y del promedio (268g) de los animales siguen bajando, los valores extremos se corresponden con el lote R10 (243g) y S20B (343g).

**Tabla 5.3.11.-** Ganancia media diaria (g) de los corderos en la tercera semana de control.

<b>Lote (n.s.)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	242.86	110.19	45.37
<b>S10B</b>	254.29	84.15	33.09
<b>S20B</b>	342.86	155.51	45.36
<b>R10B</b>	234.29	69.69	29.75
<b>R20B</b>	202.86	69.55	34.28
<b>S10</b>	288.57	85.95	29.79
<b>S20</b>	274.29	111.30	40.58
<b>R10</b>	242.86	122.47	50.43
<b>R20</b>	328.57	95.83	29.17
<b>Todos</b>	267.94	103.47	38.62

La Tabla 5.3.12, muestra la ganancia media diaria de los corderos correspondiente a la cuarta semana de control. Lo más destacable el promedio de los animales mantiene el valor previo (271g), el lote que menos gana es el S20B (237g) y el de mejor comportamiento es el lote R20 (334g).

**Tabla 5.3.12.-** Ganancia media diaria (g) de los corderos en la cuarta semana de control.

<b>Lote (n.s.)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	271.43	125.36	46.18
<b>S10B</b>	297.14	39.64	13.34
<b>S20B</b>	237.14	140.19	59.12
<b>R10B</b>	240.00	53.83	22.43
<b>R20B</b>	251.43	85.48	34.00
<b>S10</b>	282.86	103.71	36.66
<b>S20</b>	260.00	140.84	54.17
<b>R10</b>	262.86	43.57	16.57
<b>R20</b>	334.29	86.07	25.75
<b>Todos</b>	270.79	93.63	34.57

La Tabla 5.3.13, muestra la ganancia media diaria de los corderos en la quinta semana de control, el valor promedio continúa a la baja (275g), el más bajo es para el lote 20%PR+B (148g) y el más alto para el lote 10%CS (300g).

**Tabla 5.3.13.-** Ganancia media diaria (g) de los corderos en la quinta semana de control.

<b>Lote (n.s.)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	242.86	112.94	46.50
<b>S10B</b>	257.14	48.45	18.84
<b>S20B</b>	222.86	46.95	21.07
<b>R10B</b>	296.43	107.14	36.14
<b>R20B</b>	147.62	43.64	29.57
<b>S10</b>	300.00	131.32	43.77
<b>S20</b>	280.00	130.38	46.57
<b>R10</b>	253.57	85.22	33.61
<b>R20</b>	200.00	63.08	31.54
<b>Todos</b>	247.74	94.31	38.07

Finalmente, la Tabla 5.3.14, muestra la ganancia media diaria en la sexta y última semana de control, el valor medio asciende hasta los 257g, el valor mínimo 142g, es compartido por los lotes S20 y R20, en tanto que el valor máximo de 367g se corresponde con el grupo control.

**Tabla 5.3.14.-** Ganancia media diaria (g) de los corderos en la sexta semana de control.

<b>Lote (n.s.)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	366.67	142.40	38.84
<b>S10B</b>	200.00	59.32	29.66
<b>S20B</b>	200.00	70.71	35.36
<b>R10B</b>	283.33	252.21	89.02
<b>R20B</b>	354.17	193.11	54.53
<b>S10</b>	283.33	60.09	21.21
<b>S20</b>	141.67	82.50	58.23
<b>R10</b>	233.33	76.38	32.73
<b>R20</b>	141.67	82.50	58.23
<b>Todos</b>	257.05	138.58	53.91

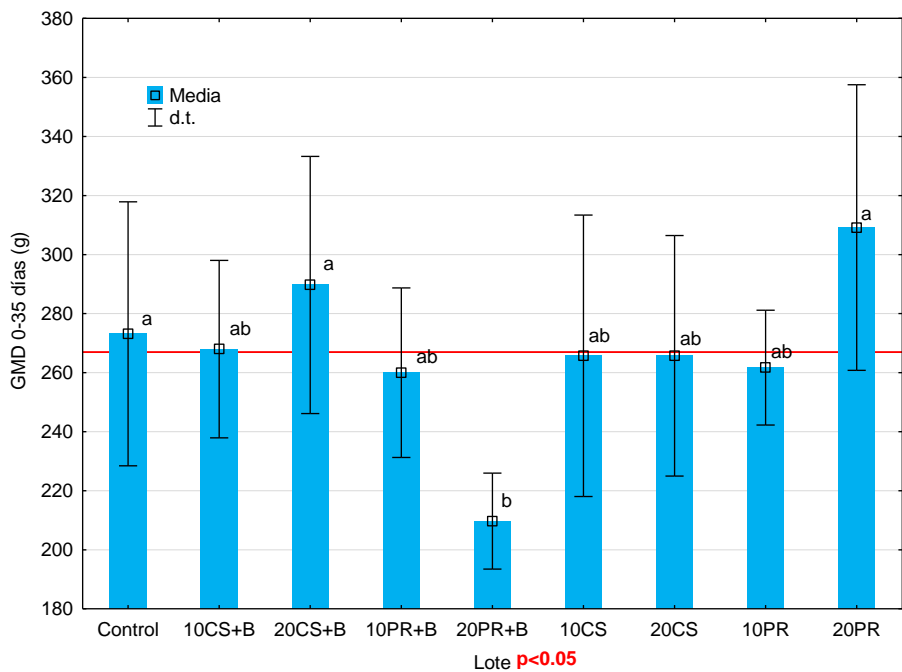
A pesar de que las ganancias parciales no muestran diferencias estadísticamente significativas, la ganancia promedio durante el periodo de cebo (35 días), sí muestra diferencias ( $p < 0.05$ ) tal y como comprobamos en la Tabla 5.3.15 y Gráfico 5.3.2. El valor promedio es de 267g, con un máximo de 309g en el lote R20 y un mínimo de 210g en el lote R20B. El valor promedio es el más indicativo, y está muy cercano al valor promedio de 279g indicado por MERAGEM (2011) para corderos machos de raza merina. Lógicamente, los 309g alcanzados por el lote R20, suponen una cifra notable.

**Tabla 5.3.15.-** Ganancia media diaria promedio (g) de los corderos en el periodo de cebo (35 días).

Lote (p<0.05)	Media	D.T.	C.V.
Control	273.14a	44.70	16.37
S10B	268.00ab	30.06	11.22
S20B	289.71a	43.55	15.03
R10B	260.00ab	28.71	11.04
R20B	209.71b	16.24	7.74
S10	265.71ab	47.68	17.94
S20	265.71ab	40.76	15.34
R10	261.71ab	19.44	7.43
R20	309.14a	48.38	15.65
Todos	266.98	42.27	15.83

**Nota:** letras distintas en la misma columna, implican medias estadísticamente diferentes (p<0.05)

**Gráfico 5.3.2.-** Ganancia media diaria (g) durante el periodo experimental en los distintos lotes.



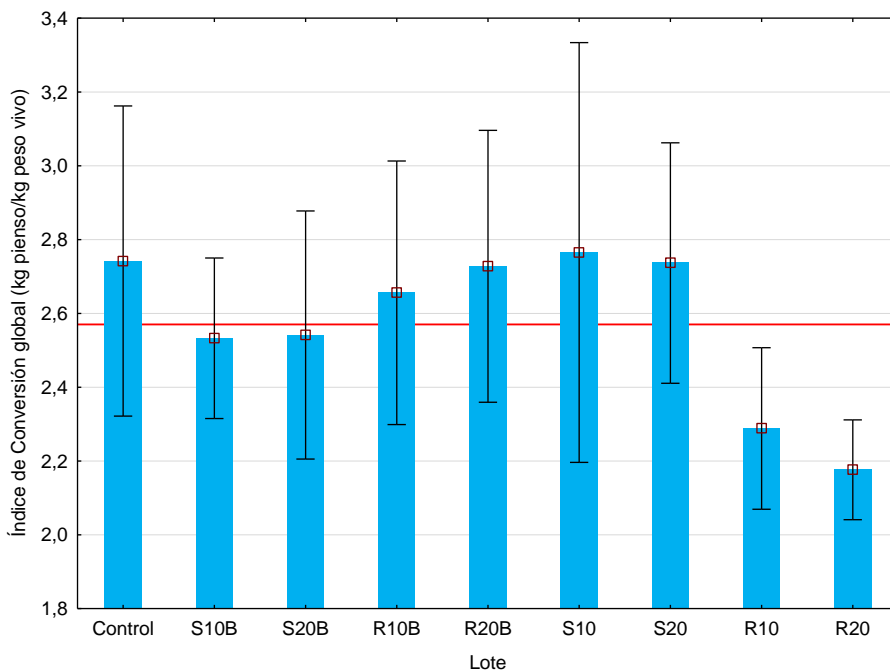


En función del resultado previo, abordamos el índice de conversión global (Tabla 5.3.16, Gráfico 5.3.3.). Podemos apreciar un excelente valor promedio de 2.6 kg/kg con un mínimo de 2.2 para el lote 20 % Pulpa de Remolacha y un máximo de 2.8 para el lote 20% Cascarilla de Soja, a pesar de estas diferencias, estadísticamente no resultan significativas.

**Tabla 5.3.16.-** Índice de conversión (Kg pienso/kg ganancia) de los corderos en el periodo de control (28 días).

<b>Lote (n.s.)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	2.74	0.42	15.33
<b>S10B</b>	2.53	0.22	8.59
<b>S20B</b>	2.54	0.34	13.22
<b>R10B</b>	2.66	0.36	13.45
<b>R20B</b>	2.73	0.37	13.50
<b>S10</b>	2.77	0.57	20.57
<b>S20</b>	2.74	0.33	11.91
<b>R10</b>	2.29	0.22	9.57
<b>R20</b>	2.18	0.14	6.21
<b>Todos</b>	2.57	0.38	14.62

**Gráfico 5.3.3.- Índice de conversión durante el periodo experimental en los distintos lotes.**



El valor promedio de 2.6 es inferior al rango de 2.8-3.0 indicado por Blanco y Col. (2015) en corderos merinos alimentados con concentrado y gránulos de paja. También es mejor que el indicado 2.78 de raza manchega o 3.08 de la raza guirra, indicado por Gimeno (2010). Por lo tanto, en nuestra prueba, todos los índices hay que considerarlos como típicos y los más bajos (R10 y R20), resultan muy competitivos.

### **5.3.5.- Conclusiones.**

De los resultados experimentales obtenidos se puede concluir:

- 1.- El uso exclusivo de piensos compuestos diseñados para cebar corderos sin el uso de paja de cereal permite un crecimiento adecuado hasta el peso al sacrificio, sin que los distintos índices técnicos se vean afectados.

### **5.3.6.- Bibliografía.**

- Alhidary, I.A.; Abdelrahman, M.M.; Elsabagh, M. (2019). A comparative study of four rumen buffering agents on productive performance, rumen fermentation and meat quality in growing lambs fed a total mixed ration. *Animal*, 13(10): 2252-2259.
- Blanco, C.; Giráldez, F.J.; Prieto, N.; Benavides, J.; Wattedgedera, S.; Morán, L.; Andrés, S.; Bodas, R. (2015). Total mixed ration pellets for light fattening lambs: effects on animal health. *Animals*, 9(2): 258-266.
- BOE (1995). Real Decreto 2257/1994 de 25 de noviembre por el que se aprueba los métodos oficiales de análisis de piensos o alimentos para animales y sus primeras materias. *Boletín Oficial del Estado* nº 52. 02/03/1995.
- Colucci, P.E.; McLeod, G.K.; Grovum, W.L.; Cahill, L.W.; McMillan, I. (1989). Comparative Digestion in Sheep and Cattle Fed Different Forage to Concentrate Ratios at High and Low Intakes. *Journal of Dairy Science*, 72: 1774-1785.
- FEDNA (2019). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Fundación Española para el Desarrollo de la Alimentación Animal, Madrid.
- Gimeno, R. (2010). Caracterización de corderos de cebo de raza guirra: crecimiento, índice de conversión, rendimiento a la canal. Trabajo fin de Master. Master en Producción Animal. Universidad Politécnica de Valencia.
- Kinser, A.R.; Kerley, M.S.; Fahey, G.C.; Berger, L.L. (1985). Effect of roughage particle size on ruminal, digestive and metabolic characteristics of early-weaned lambs feed pelleted corncob concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 61(2): 514-524.
- López, F.; Rodríguez, P.L.; Agudo, B.; Aceituno, O.; García, G.; Chaso, M.A.; Pascual, M.R. (2015). Estudio de la relación proteína:energía óptima para la fase inicial de cebo de corderos merinos. XVI Jornadas de Producción Animal. Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario. Zaragoza.
- MERAGEM (2011). Programa de mejora de la raza ovina merina y merina variedad negra. Grupo de Mejora de Razas Autóctonas y Genética Molecular. Departamento de Genética de la Universidad de Córdoba.
- Neville, E.W.; Fahey, A.G.; Gath, V.P.; Molloy, B.P.; Taylor, S.J.; Mulligan, F.J. (2019). The effect of calcareous marine algae, with or without

- marine magnesium oxide, and sodium bicarbonate on rumen pH and milk production in mid-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(9): 8027-8039.
- Pascual-Alonso, M.; Miranda de la Lama, G.C.; Villarroel, M. Alierta, S.; Escós, J.; María, G.A. (2015). Spatial preferences and behavioural patterns of lambs during fattening in straw enriched pens. *Archivos de Zootecnia*, 64(246): 155-160.
- Rodríguez, K.; Maldonado, J.A.; Granados, L.D.; Sánchez, J.I.; Domínguez, P.A.; Torres, G.; Argüelles, E.A. (2019). Finishing lambs using an integral feed under a restricted-feeding program in an intensive production system in Northern Mexico. *Australian Journal of Veterinary Sciences*, 51: 105-111.
- Singh, K.P.; Singh, R.V.; Singh, P.; Singh, S.K.; Singh, J.P. (2017). Therapeutic management of ruminal acidosis in goats. *Intas Polivet*, 19(1): 105-107.
- Simeonov, M.; Nedelkov, K.; Todorov, N. (2015). Influence of roughage in the rations of early weaned lambs. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 2(4): 134-139
- Teixeira, D.L.; Miranda de la Lama, G.C.; Villarroel, M.; García-Belenguer, S.; Sañudo, C.; María, G.A. (2012). Effect of straw on lamb welfare, production performance and meat quality during the finishing phase of fattening. *Meat Science*, 92(4): 829-836.
- Teixeira, D.L.; Miranda de la Lama, G.C.; Villarroel, M.; Escós, J.; María, G.A. (2014). Lack of straw during finishing affects individual and social lamb behavior. *Journal of Veterinary Behavior*, 9: 177-183.
- Van Soest, P.J. (1967). Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *Journal of Animal Science*, 26(1): 119-128.

## **5.4.-Determinación de la digestibilidad de pienso adecuados para el cebo de corderos sin paja.**

### **5.4.1.- Introducción.**

La determinación de la digestibilidad de un alimento es un paso básico para determinar su valor nutritivo, en especial el energético (Aufrère, & Michalet-Doreau, 1988; De Boever y Col. 1986). La utilización de ingredientes fibrosos en la formulación de piensos compuestos puede bajar la digestibilidad de dichos piensos y por lo tanto su valor energético, además, las fórmulas de predicción de valor energético de concentrados tradicionalmente utilizadas (Demarquilly y Col., 1978), tiende a mostrar valores erróneos al aplicarse sobre materiales ricos en paredes celulares, como la pulpa de remolacha, cascarilla de soja o pulpa de cítricos (Aufrère & Michalet-Doreau, 1988).

Por otra parte, la incorporación de este tipo de productos a piensos de rumiantes de cebo y, en particular, de corderos, está limitada en razón a la fibra que aportan, a pesar de que la formulación pueda compensar el valor energético final. Así la FEDNA (2019), recomienda, desde la revisión del año 2012, una incorporación máxima del 5% de pulpa de remolacha (22% en ovejas adultas) y del 14% de cascarilla de soja (36% en ovejas adultas), en corderos de cebo.

Sin embargo, algunos datos experimentales en ovejas lactantes (Zervas y Col., 1998) indican que la cascarilla de soja puede formar parte de, al menos el 60% del concentrado y sustituir al maíz sin afectar la cantidad de leche y mejorando la calidad. En corderos de cebo, Ferreria y Col. (2011) incorporan hasta el 31% de cascarilla de soja en el concentrado, siendo este lote experimental el que mejor ganancia media diaria obtiene.

Respecto a la pulpa de remolacha ocurre algo parecido, así, ya en el año 1983 Kelly indicaba que era posible llegar a un 50% de la materia seca ingerida por vacas lactantes sin merma de la cantidad y calidad lechera. En el año 1999, Mandebvu & Galbraith indican que, en un concentrado de cebo de corderos se puede sustituir hasta un 25% de la cebada por pulpa de remolacha sin mayores problemas. Bodas y Col. (2007), incorporan el 12% de pulpa de remolacha en el pienso de corderos merino de cebo constando una mejora en parámetros de salud ruminal (pH) y un empeoramiento del resultado de cebo.

Por lo tanto, dentro de una estrategia de cebo de corderos sin paja, determinar en qué medida se ve afectada la digestibilidad del pienso por la presencia de productos fibrosos de, teóricamente, fácil degradabilidad, resulta un aspecto técnicamente relevante. Por otra parte, en función de los resultados que se obtengan, permitirá corroborar, o no, las limitaciones de uso para materiales fibrosos existentes en la actualidad.

#### **5.4.2.- Objetivos.**

Determinar la digestibilidad de piensos compuestos que incorporan fibra de fácil degradabilidad, destinados al cebo de corderos sin paja.

#### **5.4.3.- Material y métodos.**

##### **5.4.3.1.- Análisis de los piensos experimentales y heces.**

Los distintos piensos experimentales se han analizado siguiendo los procedimientos oficiales para alimentos animales y recogidos en el BOE (1995), de uso habitual en los laboratorios dedicados a la alimentación animal.

Previo al análisis, las muestras fueron molidas en un molino Fritsch Pulverisette-15, dotado de un tamiz de 1mm de diámetro.

Los distintos principios inmediatos de la muestra se analizaron mediante la partición o análisis de WEENDE que determina: la Humedad-Materia Seca, Cenizas-Materia Orgánica, Grasa Bruta, Proteína Bruta, y Fibra bruta.

Someramente, los procedimientos se realizan de la siguiente manera:

Humedad/Materia Seca (M.S): por desecación hasta peso constante en estufa de ventilación forzada a 65°C (Indelab-DIL FI720), realizado en pienso y heces.

Cenizas Brutas (CB): pesado del residuo tras incineración de una muestra conocida a 550°C (Horno Muffla: Carbolite), durante 5 horas. Realizado en pienso y heces.

A partir de esta determinación, se puede obtener el contenido total de Materia Orgánica de la muestra analizada.  $\% \text{ M.O.} = 100 - \% \text{ C.B.}$

Grasa Bruta (GB): mediante la técnica Soxhlet, pesando el residuo graso que queda tras lavados sucesivos de la muestra con éter de petróleo que arrastra el contenido liposoluble (Raypa Soxtet de 6 plazas).

Proteína Bruta (PB): mediante la técnica Kjeldhal para la determinación del nitrógeno total del alimento. Se realiza en tres fases, en la primera, se genera sulfato de amonico, por ataque con ácido sulfúrico en caliente (440°C), a partir del contenido nitrogenado de la muestra (digestor Gerhardt Kjeldatherm de 24 plazas). En una segunda fase, se adiciona NAOH a la disolución de sulfato de amónico obtenida

previamente, generándose NH<sub>3</sub> y vapor de agua, el amoníaco se destila y se recoge el nitrógeno en una solución de ácido Bórico (destilador automático Gherhardt Vapodest). Finalmente, la tercera fase consiste en la valoración del nitrógeno obtenido utilizando HCl 0,1N. El factor de conversión utilizado para transformar el nitrógeno en proteína bruta ha sido 6.25, de manera que: % PB= % Nitrógeno x 6,25.

Fibra bruta (FB): residuo resultante tras el doble ataque de una muestra conocida con ácido sulfúrico y potasa diluida y posterior incineración a 550° C (digestor Selecta DosiFiber de 6 plazas).

Sustancias Extractivas Libres de Nitrógeno (SELN): se determinan matemáticamente, restando a 100 el resto de fracciones. Representan, junto a la fibra bruta, el total de hidratos de carbono.  
$$\%SELN= 100 - (\%C.B + \%G.B + \%P.B + \%F.B)$$

Por otra parte, utilizando el análisis Van Soest (1967), hemos determinado:

Fibra Neutra detergente (FND): residuo resultante tras realizar un ataque con una disolución a pH neutro conteniendo lauril sulfato de sodio (digestor Selecta DosiFiber de 6 plazas). Teóricamente representa la estructura de pared celular y, por lo tanto, es una medida de la fibrosidad general del alimento.

Fibra Ácido Detergente (FAD): residuo resultante tras realizar un ataque a pH ácido con una solución a base de trimetil- cetil- amonio (digestor Selecta DosiFiber de 6 plazas). Se asume que es la fracción de la pared celular no fermentable en el rumen y por lo tanto indigestible. La diferencia entre FND y FAD viene a representar los hidratos de



carbono estructurales potencialmente degradables en rumen (hemicelulosas principalmente).

Para labores generales de pesado en el laboratorio se ha utilizado, desecadores y una balanza Mettler PM300 con precisión 0.01g.

#### **5.4.3.2.- Animales y su manejo.**

La prueba se ha realizado en las instalaciones del Servicio de Granja de la Facultad de Veterinaria de Cáceres. Se han utilizado 5 corderos machos/lote experimental de pienso a fin de facilitar la recogida de las heces. Los animales fueron alojados en boxes individuales conformados mediante cancellas y sometidos a un periodo de crecimiento/cebo inicial. De esta manera, además, se completaba el periodo de adaptación al alimento, por lo que una vez finalizado el control inicial, pudo continuarse con la prueba de digestibilidad sin solución de continuidad.

La metodología utilizada es la habitual en estos casos, mediante el uso de arneses y bolsas colectoras de heces (Lianes, 2016; Sánchez, 2016). El régimen de alimentación establecido ha sido *ad libitum*. Para ello diariamente se ofertaba en un comedero individualizado una cantidad de concentrado previamente pesado, suficiente como para observar un rehusado superior al 10% de la cantidad ofertada, la cantidad inicial se estableció a partir de las cantidades previamente observadas durante la prueba de crecimiento. A las 24h se retiraba el comedero, anotando el peso del rehusado, determinándose por diferencia la cantidad ingerida por animal y día.

De las heces totales diarias de cada animal, una vez recogidas, se anotaba su peso fresco y se desecaban en una estufa a 65° C, con circulación de aire forzado hasta peso constante (Estufa Selecta 2003741).

Una vez desecadas, se mezclaban de manera proporcional a la producción diaria las heces provenientes de cada animal siendo molidas para proceder a continuación a su análisis químico, según se indicó previamente.

El coeficiente de digestibilidad aparente del concentrado para cada animal se obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$CD = ((g \text{ m.s.i.} - g \text{ m.s.f.}) / (g \text{ m.s.i.})) \times 100; \text{ donde}$$

CD= coeficiente de digestibilidad

g m.s.i. = gramos de materia seca de ensilado ingeridos en los 5 días de control.

g m.s.f. = gramos de materia seca fecal proveniente del ensilado en los 5 días de control.

De la misma manera se determinó el coeficiente de digestibilidad de la materia orgánica.

#### **5.4.4.- Resultados y discusión.**

La digestibilidad de la materia seca de los distintos concentrados se recoge en la Tabla 5.3.1. y Gráfico 5.3.1. La digestibilidad media en el 76%, siendo los lotes más extremos el S20B con el 68% y el P10 con el 81%. Las diferencias son estadísticamente significativas ( $p < 0.01$ ), lo que confirma que el lote con incorporación de pulpa de remolacha al 10% tiene la mejor digestibilidad.

Comparando estos resultados con los de otros autores, debemos empezar por el clásico trabajo de Orskov y Col. (1971) quienes dejaron fijada la variación esperable en la digestibilidad de un pienso convencional, a base de cebada y soja, entre el 75% y el 81%, lo que encajaría con

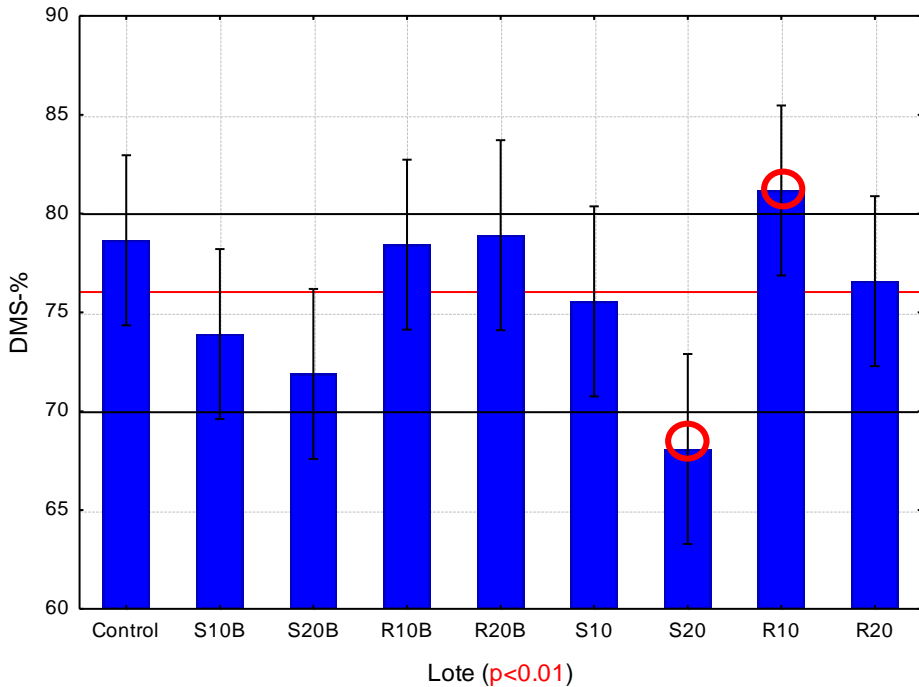
nuestros valores medios. Sin embargo, Sahin y Col. (2016) encuentran valores de digestibilidad superiores 86.9% en concentrados, a los que sólo se aproxima nuestro lote P10. En condiciones más asimilables a nuestra prueba, al tratarse de uso de concentrado y paja granulada, Blanco y Col. (2014) obtienen digestibilidades variables entre el 71% y el 82%, rango muy semejante al nuestro.

**Tabla 5.4.1.- Digestibilidad de la materia seca (%) en los 9 lotes experimentales.**

<b>Lote (p&lt;0.01)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	78.65ab	4.89	6.22
<b>S10B</b>	73.9ab	8.00	10.83
<b>S20B</b>	71.9ab	2.23	3.10
<b>P10B</b>	78.43ab	2.95	3.76
<b>P20B</b>	78.91ab	5.13	6.50
<b>S10</b>	75.56ab	5.17	6.84
<b>S20</b>	68.09ab	4.37	6.42
<b>P10</b>	81.17b	5.06	6.23
<b>P20</b>	76.58ab	1.73	2.26
<b>Promedio</b>	76.03	5.69	7.48

**Nota:** Letras distintas en la misma columna, implican medias estadísticamente diferentes (P<0.05).

**Gráfico 5.4.1.-** Digestibilidad de la materia seca (%) en los 9 lotes experimentales.



En cuanto a la digestibilidad de la materia orgánica, sigue una pauta semejante, a la observada para la materia seca. El promedio se encuentra en el 78%, con un mínimo de 70% para el lote S20 y un máximo del 83% para el lote P10. En la medida que las diferencias son estadísticamente significativas, puede defenderse, nuevamente la superior digestibilidad del pienso que incorpora un 10% de pulpa de remolacha, sin bien los que aportan un 10% y 20% de pulpa más bicarbonato, presentan valores no distintos de dicho lote.

Sahin y Col. (2013) encuentran valores de digestibilidad de la materia orgánica cercanos al 88%, nuevamente mayores a los nuestros. Su nivel de materia orgánica, es 10 puntos inferior al nuestro (86 frente a 96%), lo que podría explicar la diferencia numérica en función del mayor

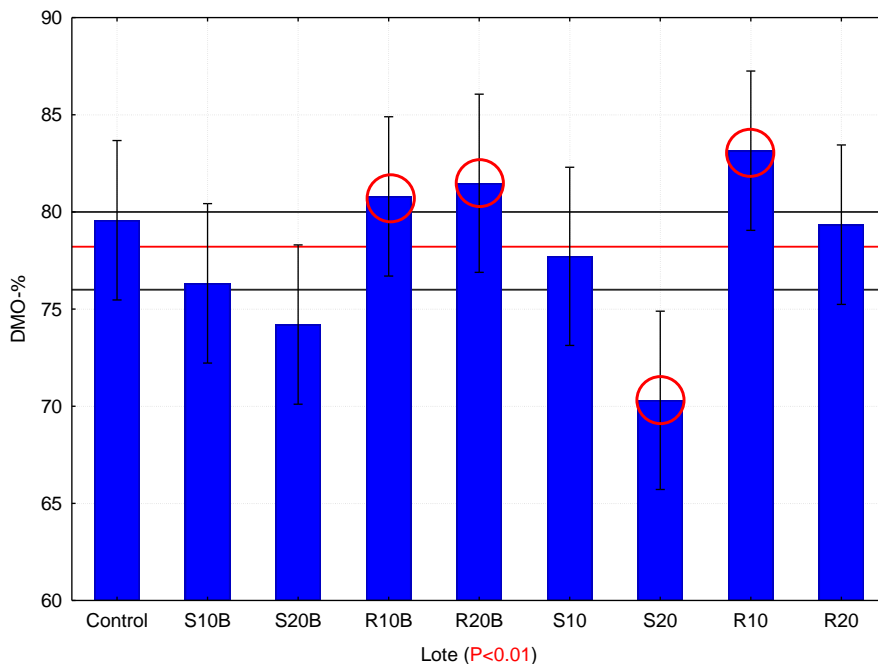
peso que el material endógeno tiene en nuestro caso, al tratarse en ambos trabajos de una digestibilidad aparente (Trinacty y Col., 2005).

**Tabla 5.4.2.-** Digestibilidad de la materia orgánica (%) en los 9 lotes experimentales.

<b>Lote (p&lt;0.01)</b>	<b>Media</b>	<b>D.T.</b>	<b>C.V.</b>
<b>Control</b>	79.57ab	5.21	6.54
<b>S10B</b>	76.32ab	7.28	9.53
<b>S20B</b>	74.20ab	2.27	3.06
<b>P10B</b>	80.80b	2.86	3.54
<b>P20B</b>	81.48b	4.68	5.74
<b>S10</b>	77.72ab	4.95	6.37
<b>S20</b>	70.30a	4.44	6.32
<b>P10</b>	83.15b	4.62	5.55
<b>P20</b>	79.34ab	1.85	2.34
<b>Promedio</b>	78.21	5.49	7.01

**Nota:** Letras distintas en la misma columna, implican medias estadísticamente diferentes (P<0.05).

**Gráfico 5.4.2.-** Digestibilidad de la materia orgánica (%) en los 9 lotes experimentales.



#### **5.4.5.- Conclusiones.**

De los resultados experimentales obtenidos se puede concluir:

1.- La utilización de un concentrado con un 10% de pulpa de remolacha permite obtener la mejor digestibilidad para la utilización de dicho concentrado en un sistema de cebo sin paja de corderos.

#### **5.4.6.-Bibliografía**

Aufrère, J.; Michalet-Doreau, B. (1988). Comparison of methods for predicting digestibility of feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 20: 203-218.

Blanco, C.; Bodas, R.; Prieto, N.; Andrés, S.; López, S.; Giráldez, F.J. (2014). Concentrate plus ground barley straw pellets can replace conventional feeding systems for light fattening lambs. *Small Ruminant Research*, 116(2-3): 137-14.

Bodas, R.; Giráldez, F.J.; López, S.; Rodríguez, A.B.; Mantecón, A.R. (2007). Inclusion of sugar beet pulp in cereal-based diets for fattening lambs. *Small Ruminant Research*, 71: 250-254.

- BOE (1995). Real Decreto 2257/1994 de 25 de noviembre por el que se aprueba los métodos oficiales de análisis de piensos o alimentos para animales y sus primeras materias. Boletín Oficial del Estado nº 52. 02/03/1995.
- De Boever, J.L.; Cottyn, B.G.; Buysse, F.X.; Waiman, F.W.; Vanacker, J.M. (1986). The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, 14: 203-214.
- Demarquilly, C.; Andrieu, J.; Sauvant, D. (1978). Composition et valeur nutritive des aliments. In: *Alimentation des Ruminants*. Chapter 16: 469-518. INRA, Versailles, France.
- FEDNA (2109). Ingredientes para piensos. Pulpa de remolacha. [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/pulpa-de-remolacha-actualizado-nov-2012](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/pulpa-de-remolacha-actualizado-nov-2012). Consulta mayo 2019.
- Ferreira, E.M.; Pires, A.V.; Susin, I.; Mendes, C.Q.; Gentil, R.S.; Araujo, R.C.; Amaral, R.C.; Loerch, R.C. (2011). Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *Journal of Animal Science*, 89: 4120-4126.
- Kelly, P. (1983). Sugar beet pulp. A review. *Animal Feed Science and Technology*, 8: 1-18.
- Lianes, J. (2016). Estudio de la digestibilidad del subproducto “raspón de uva” en ganado ovino. Trabajo Fin de Grado. Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura, Cáceres.
- Mandebvu, P, Galbraith, H. (1999). Effect of sodium bicarbonate supplementation and variation in the proportion of barley and sugar beet pulp on growth performance and rumen, blood and carcass characteristics of young entire male lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 82: 37-49.
- Orskov, E.R.; Fraser, C.; McDonald, I. (1971). Digestion of concentrates in sheep. 1.- The effect of increasing the concentration of soya-bean meal in a barley diet on apparent disappearance of feed constituents along the digestive tract. *British Journal of Nutrition*, 25: 225-233.
- Sánchez, D. (2016). Estudio de la digestibilidad del subproducto “paja de uva” en ganado ovino. Trabajo Fin de Grado. Facultad de Veterinaria de la Universidad de Extremadura, Cáceres.



- Sahin, T.; Kaya, O.; Aksu, D.; Kaya, I. (2013). Effects of dietary supplementation with distiller dried grain with solubles in growing lambs on growth, nutrient digestibility and rumen parameters. *Revue de Medicine Veterinaire*, 164: 173-178.
- Trinacty, J.; Richter, M.; Homolka, P.; Rabiskova, M., Dolezal, P. (2005). Comparison of apparent and true digestibility of nutrients determined in dairy cows either by the nylon capsule or *in vivo* method. *Czech Journal of Animal Science*, 50 (9): 402–410.
- Van Soest, P.J. (1967). Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *Journal of Animal Science*, 26(1): 119-128.
- Zervas, G.; Fegeros, K.; Koytsotolis, K.; Goulas, C.; Mantzios, A. (1998). Soy hulls as a replacement for maize in lactating dairy ewe diets with or without dietary fat supplements. *Animal Feed Science and Technology*, 76: 65-75.

## **5.5.- Comparación de herramientas quimiométricas de clasificación para la identificación de grasa perirrenal en corderos.**

### **5.5.1.- Introducción.**

La alimentación de los corderos durante el cebo puede hacerse de diferentes maneras, en función del país de origen, disponibilidad de pastos, peso al sacrificio, precio de las materias primas para alimentación, etc (Alfonso y Col. 2001). A priori, cabe suponer que todos estos factores, solos o combinados, pueden modificar las características de calidad de la carne de cordero en cuanto a sus atributos sensoriales y ello ser apreciado por el consumidor, manifestando algún tipo de preferencia (Font i Furnols y Col. 2006). De ser así, ello conlleva un estudio químico complejo en la carne para tratar de evidenciar la causa de dichos cambios y preferencias (Demirel y Col. 2006; Turner y Col. 2014), además de mantener paneles de cata entrenados (Jaworska y Col. 2016), todo ello cuesta tiempo y dinero.

La tecnología NIRS permite concentrar en un espectro la información física y química de la muestra analizada (McClure 2007), con el valor añadido de requerir una mínima preparación de la muestra, ello ha hecho que sea una técnica ampliamente utilizada en la determinación de la calidad en industria de los alimentos (Cen & He 2007) y que se vaya incorporando al análisis *on line* en muchos procesos (Lee 2007).

Por otra parte, la utilización de esta técnica, requiere el uso de herramientas quimiométricas que tratan de aplicar distintos métodos de regresión, como método alternativo al análisis químico convencional (Cen & He 2007, Westad y Col. 2013). De esta manera, a partir de un espectro,

aplicando modelos de predicción desarrollados previamente, es posible estimar con una exactitud razonable la composición química de una muestra. Además, un solo espectro permite determinar simultáneamente distintos analitos, tantos como ecuaciones de predicción tengamos.

Menos habitual ha sido la utilización de esta técnica para el análisis cualitativo de datos, de manera que sean las características espectrales de las muestras, las que permitan establecer la posible existencia de subgrupos con características propias y diferenciadas del resto. Para ello se requiere la aplicación de técnicas quimiométricas específicas que parten de sistemas de clasificación no supervisados que, en su caso, evolucionan a sistemas clasificados (Bevilacqua y Col. 2013).

Hasta el momento, fundamentalmente se ha trabajado en análisis de carnes con una gran mercado y repercusión económica: vacuno, porcino y aves, centrándose en análisis de características químicas como humedad, grasa, proteína o perfil de ácidos grasos (Huang y Col. 2008; Prieto y Col. 2009). Y es en estas carnes donde se han desarrollado propuestas iniciales de clasificación (Bath y Col. 2015, Prieto y Col. 2009).

En carnes de menor demanda, en general, los trabajos de investigación con NIRS se centran en el ámbito de predecir su composición química. En carne de conejos (Pla y Col. 2004, Riovanto y Col. 2009, Zomeño y Col. 2012), desarrollan ecuaciones de predicción específicas para humedad, proteína, grasa y ácidos grasos mayoritarios. En carne de corderos la situación es similar (Cozzolino y Col. 2000, Guy y Col. 2011), al igual que en carne caprina (Teixeira y Col. 2015).

La utilización de espectroscopía NIR con técnicas quimiométricas de clasificación resulta especialmente útil en la industria, ya que abre la posibilidad de comparar muestras procedentes de diferentes tipos de

producción con un patrón de referencia, permitiendo aplicar de facto un sistema de control de calidad automatizado, sin necesidad de recurrir a técnicas analíticas específicas, pero costosas.

### **5.5.2.- Objetivos.**

El presente trabajo tiene como objetivo valorar la capacidad de la espectroscopía NIRS para detectar cambios en la composición de la grasa perirrenal de corderos de cebo, debidos a la alimentación recibida, y servir de base a un posible sistema de clasificación de canales en matadero basado en un patrón de referencia.

### **5.5.3.- Material y métodos.**

#### **5.5.3.1.- Corderos y su alimentación:**

Se parte de dos lotes de corderos de cebo procedentes de cebaderos comerciales de la cooperativa OVISO Soc. Coop. Ltda., cuya actividad se centra en la comarca de La Serena, Badajoz, S.O. España. Los corderos han sido de tipo merino, con un peso medio a la entrada en cebadero de 15kg y un peso medio al sacrificio de 28kg, con una estancia de 45 días en cebadero.

La diferencia entre ambos lotes ha sido el tipo de alimentación disponible durante el periodo de cebo. El lote testigo o de referencia se alimentó conforme a las normas de manejo habituales en estas explotaciones: paja de cereal a libre disposición y concentrado comercial. La paja de cereal tenía la siguiente composición sobre materia seca: 92.15% de materia seca, 6.66% de cenizas, 3.70% de proteína bruta, 1.96% de grasa bruta y 45.65% de fibra bruta. El concentrado tenía la siguiente composición sobre materia seca: 90.27% de materia seca, 6.67% de

cenizas, 17.75% de proteína bruta, 2.65% de grasa bruta y 5% de fibra bruta..

El lote alternativo se alimentó mediante concentrado sin paja (“núcleo”), basado en el uso de grano entero de cebada (75%) mezclado con el “núcleo” (25%), que aporta proteína y corrector vitamínico mineral. La composición de la cebada fue la siguiente sobre materia seca: 90.11% de materia seca, 2.5% de cenizas, 12.15% de proteína bruta, 1.84% de grasa bruta y 5.33% de fibra bruta. La composición del “núcleo” concentrado fue la siguiente. La composición del núcleo fue la siguiente sobre materia seca: 90.13% de materia seca, 16.43% de cenizas, 37.39% de proteína bruta, 1.93% de grasa bruta y 5.94% de fibra bruta.

#### **5.5.3.2.- Muestras de grasa y espectro NIRS:**

Sobre 26 corderos de cada uno de los lotes, tras 24 horas de oreo, se extrajo una muestra de grasa perirrenal. Las muestras se llevaron refrigeradas al laboratorio y fueron homogeneizadas mediante un molinillo de cuchillas.

Cada muestra se depositó en una caja de Petri de vidrio, que se rellenó con la ayuda de una espátula. De cada una de las muestras se obtuvo su espectro NIRS por duplicado, utilizando dos cajas de Petri, mediante un espectrofotómetro BUCHI-NirFlex 500. El espectro original se obtuvo en modo de reflectancia R, en el rango 1000-2500nm, con un total de 1501 puntos espectrales.

#### **5.5.3.3.- Transformaciones espectrales y análisis quimiométrico:**

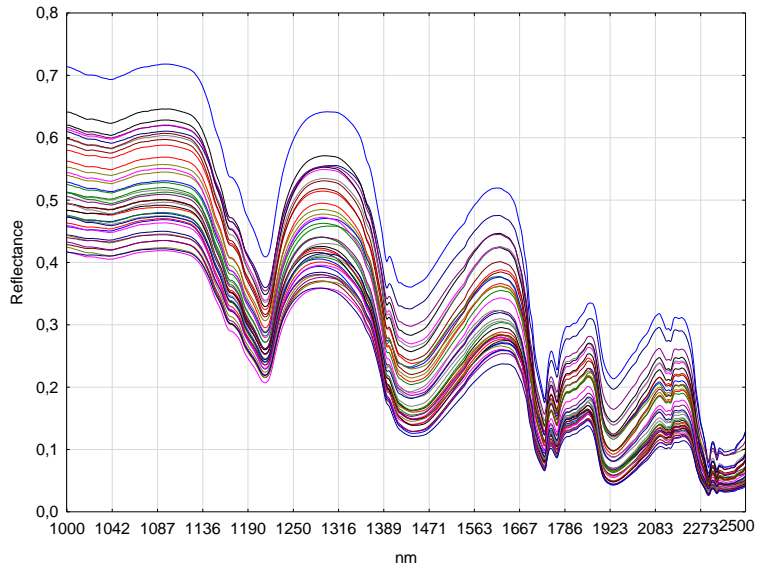
El análisis de los resultados se ha efectuado de manera paralela tanto con el formato espectral original (Reflectancia/R) como con la transformación logarítmica en Absorbancia ( $A = 1/R$ ).

Debido a la evidente presencia de efectos dispersivos en los espectros NIR (Gráfico 1 y 2), se optó por una transformación EMSC (Afseth & Kholer 2012) sobre cada una de las formas espectrales originales (R-EMSC y A-EMSC), para reducir su ruido (Gráfico 3 y 4).

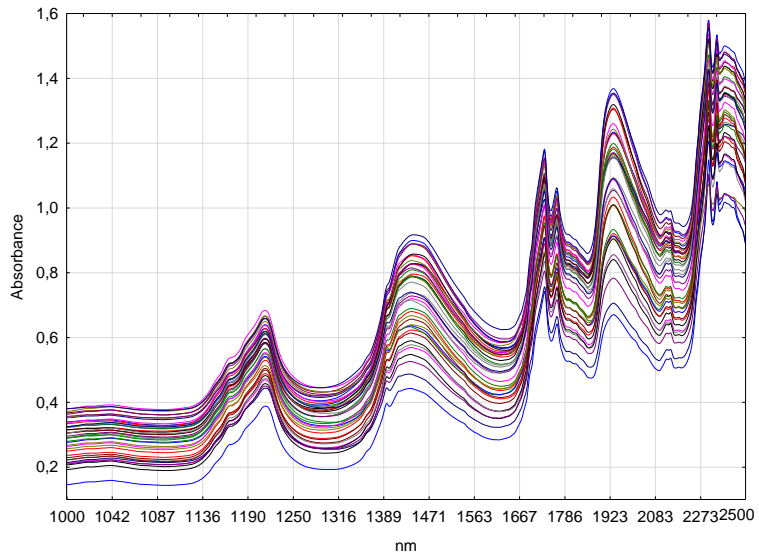
Primeramente, se efectuó un análisis PCA sobre cada uno de los grupos de grasa, seleccionando en cada caso 20 muestras de calibración y 6 de validación mediante el algoritmo de Kennard-Stone, que recoge las muestras más representativas en el espacio de puntuación definido por los dos primeros componentes principales (Daszykowski y Col. 2003). De esta manera se tienen 40 muestras de calibración y 12 de validación en total, la mitad perteneciente a cada grupo de corderos.

Como método inicial de clasificación se efectuó un análisis PCA de los espectros de calibración, y sobre la distribución de las muestras en el *Score Plot*, se procedió a proyectar las muestras de validación para comprobar su ubicación. De esta manera se construye un método elemental no supervisado de clasificación.

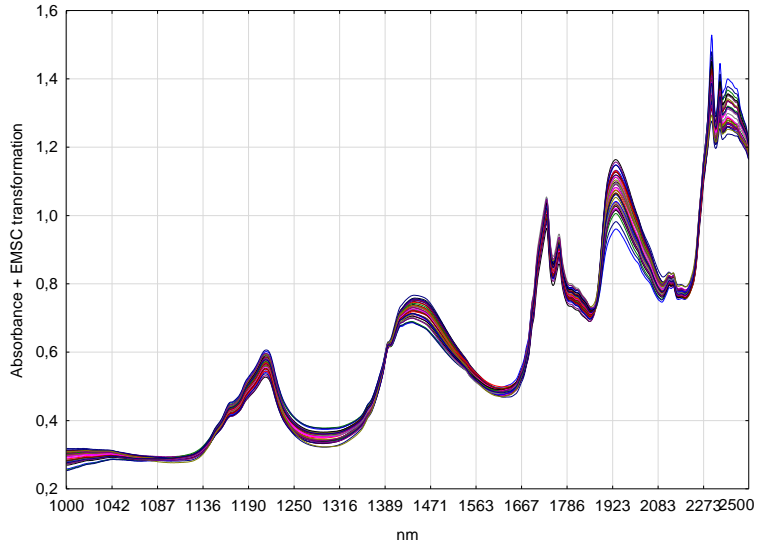
**Gráfico 5.5.1.-** Espectros nirs originales en modo reflectancia (1000-2500nm).



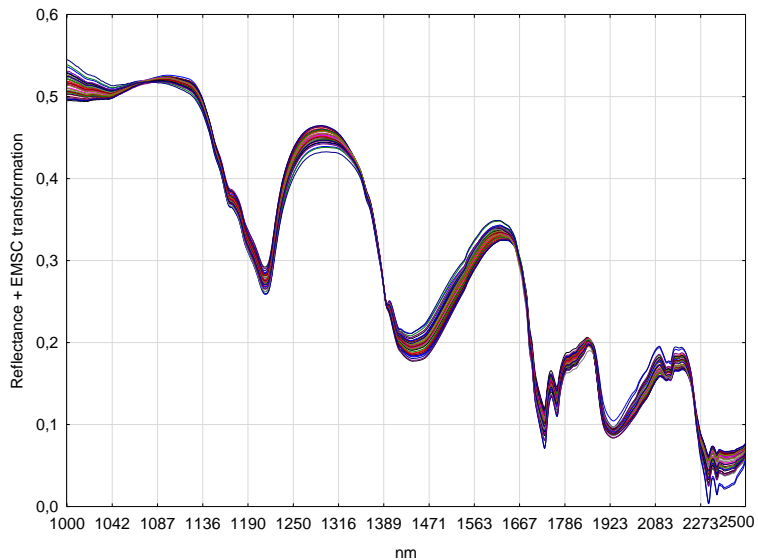
**Gráfico 5.5.2.-** Espectros nirs originales en modo absorbancia (1000-2500nm).



**Gráfico 5.5.3.-** Espectros nirs en modo reflectancia tras transformación EMSC (1000-2500nm).



**Gráfico 5.5.4.-** Espectros nirs en modo absorbancia tras transformación EMSC (1000-2500nm).



Posteriormente se procedió a elaborar distintos modelos de clasificación supervisada: SIMCA (Soft Independent Modelling Class Analogy), PLS-DA (Análisis Discriminante mediante Mínimos Cuadrados



Parciales), LDA (Análisis Discriminante Lineal) y SVM-C (Clasificación mediante Máquinas de Soporte Vectorial).

SIMCA: trata de construir una regla de clasificación para  $n$  grupos conocidos, partiendo del espacio multidimensional que ocupa cada grupo, a partir de sendos análisis de componentes principales, funcionalmente maximiza el parecido entre individuos para definir las clases (Vanden & Hubert, 2005).

PLS-DA: es un sistema de regresión multivariante (PLS, Matens & Naes, 1993), en la que la variable a predecir es el grupo de pertenencia (1= pertenece, 0= no pertenece) funcionalmente maximiza la diferencia entre individuos para definir las clases (Ballabio & Todeschini, 2009).

LDA: utiliza una reducción previa de variables mediante PCA para, posteriormente, maximizar las diferencias entre categorías minimizando la varianza dentro de una categoría. Produce funciones discriminantes ortogonales entre sí que asignan cada muestra a uno de los grupos (Liu y Col. 2006), pueden utilizarse 3 medidas de distancia entre grupos: lineal, cuadrática y Mahalanobis (Naes y Col. 2002).

SVM-C: es un método de clasificación especialmente adaptado a separar dos clases entre ellas, se basa en funciones de clasificación lineal que construyen un hiperplano que maximiza la separación entre las clases propuestas (Ballabio & Todeschini, 2009). La semilla para iniciar el cálculo puede ser lineal, polinómica, radial o sigmoidea (Hsu y Col. 2010).

La habilidad de clasificación de los modelos se establece a través de los siguientes estadísticos asociados a las muestras de validación (Garrido y Col. 2000):

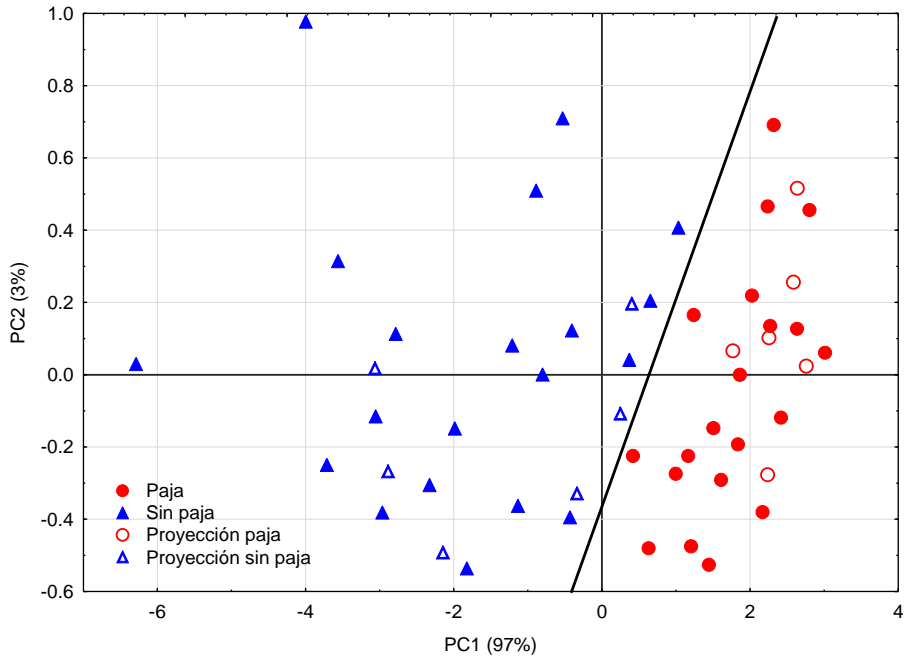
- Error de Clasificación, porcentaje de muestras del conjunto de validación incorrectamente clasificadas.
- Sensibilidad, proporción de objetos que perteneciendo a la categoría son reconocidos correctamente por el modelo.
- Especificidad, proporción de objetos que no perteneciendo a la categoría así son reconocidos por el modelo.

Las distintas transformaciones espectrales, y los modelos quimiométricos se han desarrollado sobre el software The Unscrambler 10.5.

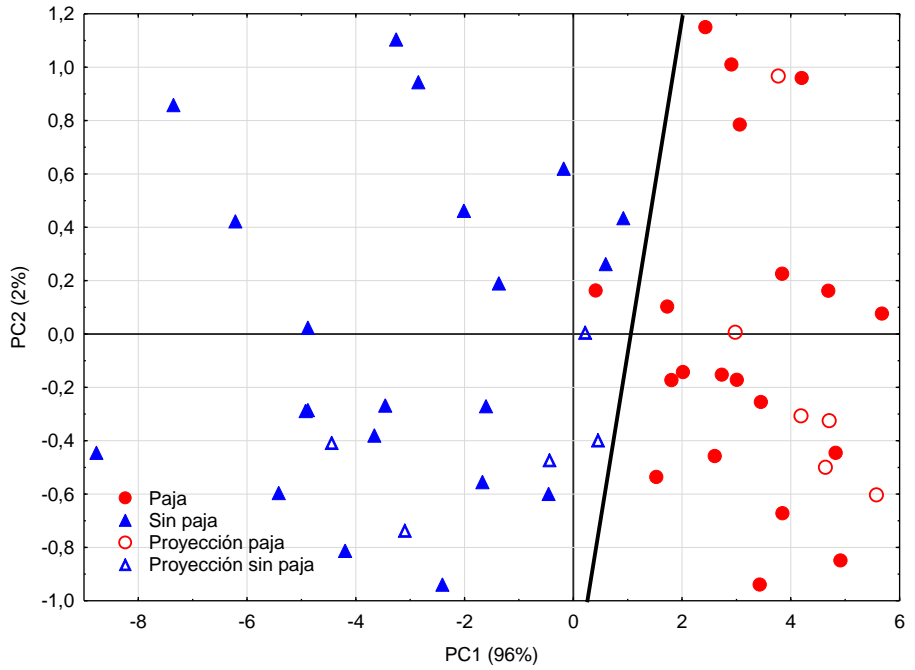
#### **5.5.4.- Resultados y discusión.**

Los modelos PCA separan adecuadamente ambos tipos de grasa utilizando sólo dos componentes principales en reflectancia, (Gráfico 5.5.5, símbolos rellenos), y tres en modo absorbancia, aunque ligeramente peor (Gráfico 5.5.6, símbolos rellenos). La separación resulta peor en el caso de los espectros corregidos mediante EMSC, que tienen el óptimo en 3 componentes principales en ambos tipos de modo espectral (Gráficos 7 y 8, símbolos rellenos). Ello sugiere que la textura física de la grasa genera efectos dispersivos en la luz infrarroja que, posiblemente, dificulten una calibración química convencional (Afseth & Kholer 2012), pero a efectos de clasificación no se trata necesariamente de ruido ya que aporta información útil.

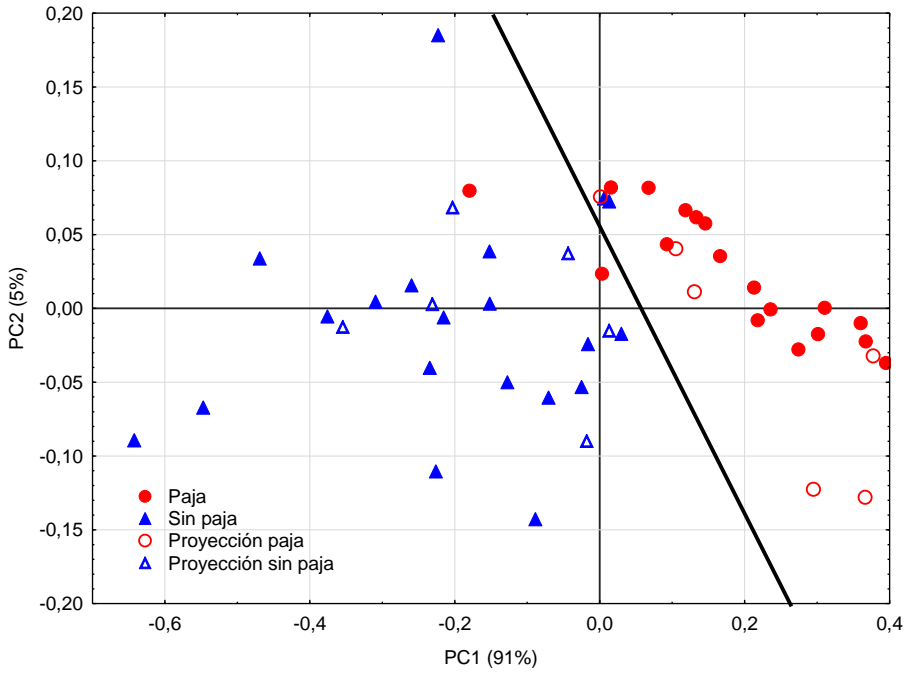
**Gráfico 5.5.5.-** Gráfico de puntuación y proyección de muestras de validación en modo reflectancia.



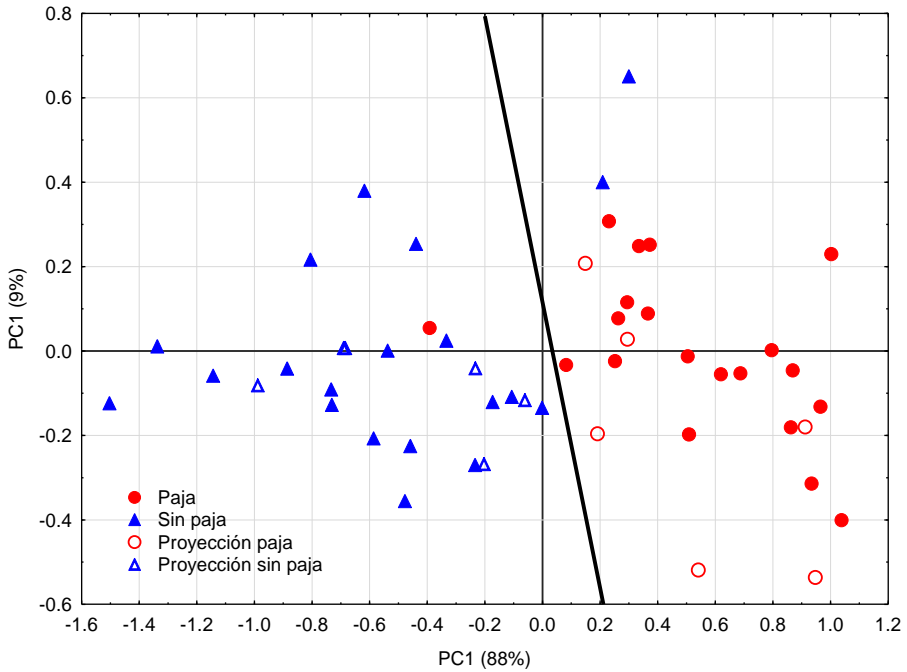
**Gráfico 5.5.6.-**Gráfico de puntuación y proyección de muestras de validación en modo absorbancia.



**Gráfico 5.5.7.-** Gráfico de puntuación y proyección de muestras de validación en modo reflectancia + transformación EMSC.



**Gráfico 5.5.8.-** Gráfico de puntuación y proyección de muestras de validación en modo absorbancia + transformación EMSC.



La proyección de las muestras de validación sobre el espacio definido por los dos primeros componentes principales, confirma estos resultados iniciales, de manera que son los espectros originales en modo reflectancia y absorbancia los que mejores resultados obtienen (Gráficos 5 y 6, símbolos vacíos), mientras que en las proyecciones de los modelos EMSC la confusión es mayor (Gráficos 7 y 8, símbolos vacíos).

El resultado de la aplicación de los distintos modelos supervisados se recoge en la Tabla 5.5.1.

**Tabla 5.5.1.-** Índices estadísticos de los distintos métodos de clasificación supervisada. (EC= Error de Clasificación, Sens.= Sensibilidad, Spec. = Especificidad).

	Reflectancia			Absorbancia			R-EMSC			A-EMSC		
	E.C.	Sens.	Spec.	E.C.	Sens.	Spec.	E.C.	Sens.	Spec.	E.C.	Sens.	Spec.
SIMCA	58.3 3	91.67	41.67	41.6 7	83.33	58.33	16.6 7	83.33	83.33	16.6 7	91.67	83.33
PLS-DA	8.33	91.67	91.67	25.0 0	75.00	75.00	8.33	91.67	91.67	8.33	91.67	91.67
LDA-Line.	<b>0.00</b>	100.0 0	100.0 0	16.6 7	83.33	83.33	<b>0.00</b>	0	0	<b>0.00</b>	0	0
LDA-Quad.	<b>0.00</b>	100.0 0	100.0 0	<b>0.00</b>	100.0 0	100.0 0	8.33	91.67	91.67	<b>0.00</b>	100.0 0	100.0 0
LDA-Maha.	<b>0.00</b>	100.0 0	100.0 0	<b>0.00</b>	100.0 0	100.0 0	16.6 7	83.33	83.33	<b>0.00</b>	100.0 0	100.0 0
SVM-Line.	<b>0.00</b>	100.0 0	100.0 0	<b>0.00</b>	100.0 0	100.0 0	8.33	91.67	91.67	0.00	100.0 0	100.0 0
SVM-Poly.	41.6 7	58.33	58.33	8.33	91.67	91.67	25.0 0	75.00	75.00	25.0 0	75.00	75.00
SVM-Radi.	25.0 0	75.00	75.00	25.0 0	75.00	75.00	25.0 0	75.00	75.00	25.0 0	75.00	75.00
SVM-Sigm.	25.0 0	75.00	75.00	25.0 0	75.00	75.00	25.0 0	75.00	75.00	25.0 0	75.00	75.00

La clasificación SIMCA no resulta satisfactoria ya que, en el mejor de los casos, el error de clasificación es superior al 16%. Con todo puede comprobarse que el tratamiento reductor de ruido (EMSC) resulta eficaz, incrementándose la selectividad de los modelos.

La clasificación mediante PLS-DA mejora, en todos los casos, el rendimiento de la clasificación SIMCA, pero no alcanza el 100% de efectividad.

La clasificación mediante LDA resulta satisfactoria en especial ya que siempre hay algún procedimiento (Lineal/Quadratic/Mahalanobis) que produce el acierto pleno, al combinarse con alguna de las transformaciones espectrales. La clasificación resulta perfecta con los espectros originales en modo reflectancia, por lo que no serían necesarias más transformaciones, ahorrando trabajo y tiempo.

La clasificación SVM tiene una situación similar obteniéndose el mejor resultado con el procedimiento lineal y en modo reflectancia.

En conjunto, estos resultados sugieren que los métodos quimiométricos de clasificación sofisticados (SIMCA y PLS-DA) no resultan superiores al más tradicional LDA, lo que también es indicado por otros autores (Moscetti y Col., 2015). El método SVM también resulta efectivo, pero es sensible a la semilla utilizada. En este sentido autores como Tan y Col. (2009) o Balabin y Col. (2009) también encuentran una mejor respuesta de SVM respecto a SIMCA o PLS-DA. Respecto al efecto del pretratamiento espectral para eliminar ruido, nuestros resultados no muestran una mejora significativa, al contrario que lo indicado por Kasemsumran y Col. (2007), lo que sugiere que el pretratamiento espectral es dependiente tanto del espectrofotómetro utilizado como del producto analizado, por lo que la optimización debe adaptarse a cada caso concreto (Pieszczyk y Col., 2018).

#### **5.5.5.- Conclusiones.**

De los resultados experimentales obtenidos se puede concluir:

- 1.- Mediante la espectroscopía NIR de grasa perirrenal es posible clasificar de manera correcta las canales de corderos en función de su alimentación, sin necesidad de un análisis químico específico.
- 2.- Esta técnica puede aplicarse en mataderos para completar la información comercial sobre las canales procesadas y comercializadas.

#### **5.5.6.- Bibliografía.**

Afseth, NK & Kohler, A 2012, 'Extended multiplicative signal correction in vibrational spectroscopy, a tutorial', *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, vol. 117, pp 92–99.



- Alfonso, M, Sañudo, C, Berge, P, Fisher, AV, Stamataris, C, Thorkelsson, G & Piasentier, E. 2001, 'Influential factors in lamb meat quality. Acceptability of specific designations', In: Production systems and product quality in sheep and goats' Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens, vol 46, pp 19-28.
- Balabin, RM, Safieva, RZ & Lomakina, EI 2011, 'Near-infrared (NIR) spectroscopy for motor oil classification: from discriminant analysis to support vector machines', *Microchemical Journal*, vol. 98, pp. 121-128.
- Ballabio, D & Todeschini, R. 2009 'Multivariate classification for qualitative analysis', in D-W Sun (ed), *Infrared Spectroscopy for food quality analysis and control*. Academic Press, Burlington, USA.
- Bath, AA, Kumar, A, Para, PA, Kumar, S. & Ganguly, S. 2015, 'Role of NIR Spectroscopy and Hyperspectral imaging in Meat Science: A Review', *Int. J. Rec. Biotech.*, vol. 3, no. 3, pp. 30-39.
- Bevilacqua, M, Bucci, R, Magrì, AD, Magrì, AL, Nescatelli, R & Marini, F. 2013, 'Classification and class-modelling'. In F Marini (ed), *Data Handling in Science and Technology*, Vol. 28. Chemometrics in food chemistry. Elsevier, Oxford U.K.
- Cen, H & He, Y. 2007, 'Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality', *Trends in Food Science & Technology*, vol. 18, pp 72-83.
- Cozzolino, D, Murray, I, Scaife, JR & Paterson, R. 2000, 'Study of dissected lamb muscles by visible and near infrared reflectance spectroscopy for composition assessment', *Animal Science*, vol. 70, no. 3, pp 417-423.
- Daszykowski, M, Walczak, B & Massart, DL. 2002, 'Representative subset selection', *Analytica Chimica Acta*, vol. 468, pp 91-103.
- Demirel, G, Ozpinar, H, Nazli, B & Keser, O. 2006, 'Fatty acids of lamb meat from two breeds fed different forage: concentrate ratio', *Meat Sci.*, vol. 72, pp. 229-235.
- Font i Furnols, M, San Julián, R, Guerrero, L, Sañudo, C, Campo, MM, Olleta, JL, Oliver, MA, Cañeque, V, Álvarez, I, Díaz, MT, Brandscheid, W, Wicke, M, Nute, GR & Montossi, F. 2006, 'Acceptability of lamb meat from different producing systems and ageing time to German, Spanish and British consumers', *Meat Sci.*, vol. 72, pp. 545-554.

- Garrido, A, García-Olmo, J & De Pedro, E. 2000 'Espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS). Una metodología para implementar en sistemas de aseguramiento de la calidad y trazabilidad de productos derivados del cerdo ibérico', *Sólo Cerdo Ibérico*, vol. 4, pp. 39-44.
- Guy, F, Prache, S, Thomas, A., Bauchart, D. & Andueza, D. 2011, 'Prediction of lamb meat fatty acid composition using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS)', *Food Chem.*, vol. 127, pp 1280-1286.
- Hsu, C.W., Chang, C.C. & Lin, C.J. 2010, 'A practical guide to support vector classification' <https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/>.
- Huang, H, Yu, H, Xu, H & Ying, Y 2008, 'Near infrared spectroscopy for on/in-line monitoring of quality in foods and beverages: a review', *Journal of Feed Eng.*, vol.87, pp. 303-313.
- Jaworska, D, Czauderna, M, Przybylski W & Rozbicka-Wieczorek, AJ 2016, 'Sensory quality and chemical composition of meat from lambs fed diets enriched with fish and rapeseed oils, carnosic acid and seleno-compounds', *Meat Sci.*, vol. 119, pp. 185-192.
- Kasemsumran, S, Thanapase, W & Kiatsoonthon, A. 2007, 'Feasibility of Near-Infrared Spectroscopy to Detect and to Quantify Adulterants in Cow Milk', *Analytical Sciences*, vol. 23, pp. 907-910.
- Lee, KA. 2007 'On-Line analysis in food engineering' In: Y Ozaki, WF McClure, Christy A.A. (ed) *Near-Infrared Spectroscopy in food science and technology*. John Wiley & Sons, New Jersey, USA.
- Liu, L, Cozzolino, D, Cynkar, WU, Gishen, M & Colby, CB 2006, 'Geographic classification of Spanish and Australian Tempranillo red wines by visible and near-infrared spectroscopy combined with multivariate analysis', *J. Agric. Food Chem.*, vol. 54, pp 6754-6759.
- Martens, H & Naes, T 1993, 'Multivariate calibration' John Wiley & Sons, Chichester, U.K.
- Naes, T; Isaksson, T; Fearn, T & Davies, T 2002, 'A User-friendly guide to multivariate calibration and classification', NIR Publications, Chichester UK.
- McClure, WF 2007, 'Introduction', In: Y Ozaki, WF McClure, Christy A.A. (ed). *Near-Infrared Spectroscopy in food science and technology*. John Wiley & Sons, New Jersey, USA.
- Moscetti, R, Haff, RP, Stella, E, Contini, M, Monarca, D, Cecchini, M, & Massantini, R 2015, 'Feasibility of NIR spectroscopy to detect olive

- fruit infested by *Bactrocera oleae*', *Postharvest Biology and Technology*, vol. 99, pp. 58-62.
- Pieszczek, L, Czarnik-Matusiewicz, H & Daszykowski, M 2018, 'Identification of ground meat species using near-infrared spectroscopy and class modeling techniques—Aspects of optimization and validation using a one-class classification model', *Meat Science*, vol. 139, pp. 15-24.
- Pla, M, Pascual, M & Ariño, B 2004, 'Protein, fat and moisture content of retail cuts of rabbit meat evaluated with the NIRS methodology', *World Rabbit Sci.*, vol. 12, pp. 149-158.
- Prieto, N, Roehe, R, Lavín, P, Batten, G & Andrés, S 2009, 'Application of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat and meat products quality: A review', *Meat Sci.*, vol. 83, pp. 175-186.
- Riovanto, R, Szendrő, Z, Mirisola, M, Matics, Z, Berzaghi, P & Dalle Zote, A 2009, 'Near Infrared Spectroscopy (NIRS) as a tool to predict meat chemical composition and fatty acid profile in different rabbit genotypes', *Ital. J. Anim. Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 799-801.
- Tan, C, Qin, X, & Li, M 2009, 'Comparison of chemometric methods for brand classification of cigarettes by near-infrared spectroscopy. Vibrational Spectroscopy, vol. 51, pp. 276-282.
- Teixeira, A, Oliveira, A, Paulos, K, Leite, A, Marcia, A, Amorim, A, Pereira, E, Silva, S & Rodrigues, S 2015, 'An approach to predict chemical composition of goat *Longissimus thoracis et lumborum* muscle by Near Infrared Reflectance spectroscopy', *Small Rum. Res.*, vol. 126, pp. 40-43.
- Tuner, KE, Belesky, DP, Cassida, KA & Zerby, HN 2014, 'Carcass merit and meat quality in Suffolk lambs, Katahdin lambs, and meat-goat kids finished on a grass-legume pasture with and without supplementation', *Meat Sci.*, vol. 98, pp. 211-219.
- Vanden, K & Hubert, M 2005, 'Robust classification in high dimensions based on the SIMCA Method', *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, vol. 79, pp. 10-21.
- Westad, F, Bevilacqua, M. & Marini, F 2013, 'Regression' In: F Marini (ed). *Data Handling in Science and Technology*, Vol. 28. *Chemometrics in food chemistry*. Elsevier, Oxford U.K.

Zomeño, C, Juste, V & Hernández, P 2012, 'Application of NIRS for predicting fatty acids in intramuscular fat of rabbit' Meat Science, vol. 91(2), pp. 155-159.

## **5.6.- Estudio económico de la fabricación de un pienso destinado al cebo de corderos sin paja. Resultados de su aplicación en granja.**

### **5.6.1.- Introducción.**

La introducción de nuevas materias primas en la formulación de piensos compuestos, siempre lleva aparejados dos condicionantes, por una parte, la posible limitación técnica de incorporación, bien por la respuesta animal bien por la maquinaria de fabricación, por otra el coste económico de dicha incorporación.

En cuanto a las limitaciones técnicas, por la parte animal hemos podido constatar en los apartados previamente expuestos que no hay problemas con la incorporación de la pulpa de remolacha hasta un 20% de la formulación.

Respecto al coste económico, la programación lineal es una herramienta adecuada para abordar el estudio de un escenario de precios reales y ver, los precios de interés para las distintas materias primas (Solano y Col., 2011, Vargas y Gutiérrez, 2018).

Por lo tanto, a modo de colofón práctico del estudio realizado, parece conveniente abordar el coste que la incorporación de pulpa de remolacha tiene sobre el precio del concentrado fabricado.

### **5.6.2.- Objetivos.**

Determinar la repercusión que tiene la incorporación de pulpa de remolacha en la formulación, sobre el coste del pienso compuesto de cebo para corderos.

### **5.6.3.- Material y métodos.**

#### **5.6.3.1.- Escenario técnico-económico de partida.**

Las materias primas para la formulación de un concentrado destinado al cebo de corderos se han escogido dentro de las normales o tradicionales para este tipo de animales (Álvarez y Col., 2018): cebada, maíz y trigo entre los cereales; harina de soja 47, harina de girasol 30 y harina de colza 00 entre los concentrados proteicos; salvados, alfalfa granulada, cascarilla de soja y pulpa de remolacha entre los materiales fibrosos y aceite de palma. Además de los microingredientes: carbonato cálcico, fosfato monosódico, sal y corrector vitamínico-mineral. El precio de estos últimos ingredientes, resulta irrelevante como factor de variación sobre el precio final, al estar obligada su incorporación en cantidad fija (sal y corrector), o “rellenar” los niveles de Ca y P que no aporten las materias primas principales.

La cotización de las materias primas se ha obtenido sobre lonja, a través de la cotización seminal publicada por la Lonja de Cereales de Barcelona y recopilada en serie histórica por Oviespaña (Oviespaña, 2019). En concreto se ha cogido como referencia el promedio de las cotizaciones del mes de julio de 2019.

#### **5.6.3.2.- Valores nutritivos objetivo, restricciones y programación lineal utilizada.**

Los valores nutritivos objetivo utilizados han sido sencillos, para no poner un exceso de restricciones en el modelo, que, en alguna medida, prefijaran el resultado o impiden llegar a una solución (López y Restrepo, 2008) y han quedado fijados de la siguiente manera, referidos a kg de material fresca:

UFC = 1/kg mínimo

PB = 16% mínimo

Ca = 0.85% mínimo

P = 0.45% mínimo

Las restricciones en la incorporación de materias primas se han recogido a partir de la información proporcionada por la FEDNA (2019) y han sido las siguientes:

Cebada 50%

Maíz 40%

Trigo 20%

H. de colza 11%

H. Girasol 8%

Cascarilla de soja 14%

Pulpa de remolacha 5%

Alfalfa granulada 15%

La programación lineal se ha llevado a cabo mediante el programa Wuffda 2.1 (Wuffda, 2016), convenientemente adaptado a la base de datos FEDNA (2019). Este programa se basa en la función *Solver* de Excel, programando un objetivo mínimo para el precio final, combinando libremente las materias primas con el límite de sus restricciones. Para cada una de las soluciones propuestas es posible hacer un análisis de sensibilidad de precios, con el margen de variación de éstos dentro del que no variaría la formulación propuesta.

### 5.6.3.3.- Estudio del resultado técnico económico en cebadero.

Como se expresa reiteradamente, el papel y la teoría lo soportan todo, así que como colofón a este capítulo se aborda un análisis sencillo y real de los resultados del cebo sin paja en uno de los cebaderos del grupo EA-Group, Fovex SAT.

### 5.6.4.- Resultados y discusión.

#### 5.6.4.1.- Escenario inicial propuesto.

La formula inicial propuesta por el programa, se recoge en la Tabla 5.6.1.

**Tabla 5.6.1.-** Propuesta inicial de formulación.

## WUFFF DA

Dieta: Corderos Cebo

Coste de la fórmula: **0.2057 €**

<b>Ingrediente</b>	<b>Costo</b>	<b>Min.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Max.</b>
	€/Kg	%	%	%
Maíz Nacional	0.192	0.00	<b>1.549</b>	40.00
Trigo Blando	0.194	0.00	<b>20.000</b>	20.00
Cebada	0.178	0.00	<b>50.000</b>	50.00
Salvado y Tercerillas	0.164	0.00	<b>5.377</b>	10.00
Aceite de Palma	0.595	0.00	<b>2.248</b>	3.00
Harina de Soja 47	0.318	0.00	<b>7.399</b>	100.00
Harina Colza 00	0.225	0.00	<b>11.000</b>	11.00
Calcita	0.080	0.00	<b>1.770</b>	100.00
Fosfato Roca Defluorinado	1.100	0.00	<b>0.056</b>	100.00
Sal marina	0.070	0.30	<b>0.300</b>	0.30
C.V.M.	0.821	0.30	<b>0.300</b>	0.30
<b>TOTAL</b>			<b>100.000</b>	



Tal y como podemos comprobar, no se introduce ningún material fibroso disponible. La Tabla 5.6.2. nos muestra el valor nutritivo alcanzado, que está dentro de los parámetros esperables y normales en un pienso de cebo de corderos.

**Tabla 5.6.2.-** Valor nutritivo de la formulación inicialmente planteada.

Nutriente	Unidades	Min.	<b>Aportado</b>	Max.
Materia Seca	%	0	<b>89.79</b>	100
U.F.C.	UFC	1	<b>1.00</b>	1.5
Ceni	%	0	<b>5.14</b>	100
P.B.	%	16	<b>16.00</b>	100
F.B.	%	0	<b>5.28</b>	100
E.E.	%	0	<b>4.00</b>	4
FND	%	0	<b>17.04</b>	20
FAD	%	0	<b>6.63</b>	100
Almid	%	0	<b>40.29</b>	45
Azúcares	%	0	<b>2.70</b>	100
CNF	%	0	<b>42.99</b>	55
Ca	%	0.85	<b>0.85</b>	100
P	%	0.45	<b>0.45</b>	100
PDIE	%	0	<b>9.81</b>	100
PDIN	%	0	<b>10.76</b>	100

El análisis de sensibilidad de precios (Tabla 5.6.3) señala una seria bajada en el precio para que estos productos fibrosos entren en la fórmula. De hecho, la pulpa de remolacha debería bajar su precio más de un 56% para entrar, lo que es poco esperable en el escenario de precios existente y su dinámica de variación.

**Tabla 5.6.3.- Analisis de sensibilidad de la propuesta inicial.**

<b>Producto</b>	<b>Subida Límite</b>	<b>Bajada Límite</b>
<b>Maíz Nacional %</b>	0.204635588	0.190108645
<b>Trigo Blando %</b>	0.195428191	Infinito
<b>Cebada %</b>	0.180461641	Infinito
<b>Salvado y Tercerillas %</b>	0.186084552	0.158663672
<b>Aceite de Palma %</b>	0.689212316	Infinito
<b>Harina de Soja 47 %</b>	0.478208843	0.307907412
<b>Harina Colza 00 %</b>	0.229727731	Infinito
<b>Alfalfa gr. 16.5 p.b. %</b>	Infinito	0.053040453
<b>Cascarilla de soja %</b>	Infinito	0.090539482
<b>Pulpa Remolacha %</b>	Infinito	0.12000139

**5.6.4.2.- Escenario alternativo con inclusion de pulpa de remolacha.**

Tras la incorporación de un 10% de pulpa de remolacha, manteniendo el resto de restricciones invariables, el precio de la formula asciende a 0.2152€/kg, esto es, una subida del 4.62% respecto al precio inicial (Tabla 5.6.4).

**Tabla 5.6.4.-** Formulación propuesta con un 10% de pulpa de remolacha.

## WUFFF DA

Dieta: Corderos Cebo

Coste de la fórmula: **0.2152 €**

Ingrediente	Costo	Min.	Cantidad	Max.
	€/Kg	%	%	%
Trigo Blando	0.194	0.00	16.374	20.00
Cebada	0.178	0.00	50.000	50.00
Aceite de Palma	0.595	0.00	2.452	3.00
Harina de Soja 47	0.318	0.00	9.108	100.00
Harina Colza 00	0.22	0.00	9.809	11.00
Pulpa Remolacha	0.2137	10	10	100
Calcita	0.08	0	1.295	100
Fosfato Roca Defluorinado	1.1	0	0.362	100
Sal marina	0.07	0.3	0.3	0.3
C.V.M.	0.821	0.3	0.3	0.3
<b>TOTAL</b>			100	

Los valores nutritivos obtenidos son equivalentes, y mejoran los parámetros de estimación de salud ruminal, al disminuir los almidones e incrementarse la FND, manteniéndose el nivel energético y proteico (Tabla 5.6.5).

**Tabla 5.6.5.-** Valor nutritivo de la formulación con un 10% de pulpa de remolacha.

<b>Nutriente</b>	<b>Unidades</b>	<b>Min.</b>	<b>Aportado</b>	<b>Max.</b>
Materia Seca	%	0.00	<b>89.964</b>	100.00
U.F.C.	UFC	1.00	<b>1.000</b>	1.50
Ceni	%	0.00	<b>5.326</b>	100.00
P.B.	%	16.00	<b>16.000</b>	100.00
F.B.	%	0.00	<b>6.447</b>	100.00
E.E.	%	0.00	<b>4.000</b>	4.00
FND	%	0.00	<b>18.729</b>	20.00
FAD	%	0.00	<b>7.982</b>	100.00
Almid	%	0.00	<b>35.885</b>	45.00
Azúcares	%	0.00	<b>3.068</b>	100.00
CNF	%	0.00	<b>38.953</b>	55.00
Ca	%	0.85	<b>0.850</b>	100.00
P	%	0.45	<b>0.450</b>	100.00
PDIE	%	0.00	<b>10.054</b>	100.00
PDIN	%	0.00	<b>10.827</b>	100.00

Si tenemos en cuenta los datos índice de conversión previamente obtenidos, un pienso estandar, presenta un IC=2.74, en tanto que el lote R10, presenta un IC=2.29.

Para el periodo de crecimiento comprobado experimentalmente (15-25kg), supone 10 kg de ganancia que, en el caso del pienso control equivalen a un consumo de 27.4kg, que pasa a ser de 22.9kg en el lote R10.

Teniendo como precio de referencia para el pienso de cebo de corderos el de **0.24€/kg** (MAPA, 2019) equivale a un incremento sobre el precio calculado en nuestro escenario más barato de  $(0.24/0.2057) \times 100 = 31.26$  que incluiría el margen commercial.

Aplicando el mismo criterio al pienso con 10% de pulpa de remolacha, su precio “real” pasaría a ser  $0.2152 \times 1.3126 = 0.282\text{€}/\text{kg}$ .

Por lo tanto, transformando el consumo de ambos piensos a euros, a partir de los datos experimentales obtenidos para 10kg de ganancia, tendríamos

$$\text{Control} = 27.4 \times 0.24 = 6.576\text{€}$$

$$\text{R20} = 22.9 \times 0.282 = 6.457\text{€}$$

Se deduce que el coste total de cebo, en cuanto al consumo de cebo, es prácticamente idéntico en ambos lotes, con una ventaja que no llega al 2% para el lote R10.

#### 5.6.4.3.- Resultados de su aplicación en granja.

Se han llevado a cabo tres ensayos para validar a nivel empresarial los resultados obtenidos experimentalmente. Los ensayos se han llevado a cabo en un cebadero de EA Group (Fovex SAT), en tres periodos diferentes (Paridera de Primavera, verano e invierno) con un total de 100 animales por lote en cada uno, equilibrados en sexo. Se han planteado tres lotes, con tres piensos distintos, dos de ellos sin utilización de paja según se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 5.6.6.- Análisis Químico y Valor Nutricional de Piensos**

Veterinaria+LO	Test. Testigo Con Paja	R10 granulo Sin Paja	GE. grano Sin Paja
UFC	0.975	0.975	0.975
PB	17.01	17.01	17.00
FB	6.63	5.39	4.57
GB	2.58	2.11	1.81
P no deg	6.29	6.19	4.37

Los pesos de entrada en cada uno de los ensayos fueron los siguientes:

**Tabla 5.6.7.- Pesos de inicio por ensayo y lote**

Cooperativa/ensayo	Testigo Con Paja	R10 granulo Sin Paja	Grano Entero Sin Paja
Ensayo 1	17.8	17.0	17.2
Ensayo 2	19.4	19.5	19.5
Ensayo 3	18.4	19.0	19.2

La metodología seguida en los dos primeros ensayos fue la misma, realizando un control de peso cada 15 días y separando los animales que alcanzaban el peso de sacrificio (24-26 kg la mayoría de las ocasiones). En el tercer ensayo no se hicieron controles intermedios, dejando por tanto todos los animales un tiempo determinado de cebo y pesando al final.

Para mostrar los resultados de consumo, ganancia e índice de conversión hemos tenido en cuenta los datos totales y no ponderados. Lo obtenido ha sido lo siguiente:

**Tabla 5.6.8.- Crecimientos y consumos**

		<b>Cebadero Fovex</b>		
<b>Ensayo</b>		<b>GE-sin paja</b>	<b>R10 Sin paja</b>	<b>Test Con paja</b>
Primavera	Incremento peso (kg)	796	756	740
	GMD	0.181	0.173	0.172
	CMD	0.547	0.728	0.807
	<b>IC total</b>	3.0	4.1	4.7
Verano	Incremento peso (kg)	519	518	467
	GMD	0.118	0.116	0.107
	CMD	0.515	0.494	0.497
	<b>IC total</b>	4.3	4.2	4.6
Invierno	Incremento peso	642	611	730
	GMD	0.264	0.249	0.301
	CMD	1.09	0.96	1.16
	<b>IC total</b>	4.1	3.8	3.9

Para el dato de coste/kg carne se tomará el de grano entero como índice 100 y sobre él se referenciará el resto. A nivel industrial es el pienso en grano entero el que económicamente funciona mejor, seguido del R10. En cualquier caso, cualquiera de las dos opciones sin paja es económicamente mejor que el pienso granulado con paja

**Tabla 5.6.9.- Comparativa costes**

<b>Coop media**</b>	<b>GE-sin paja</b>	<b>R10 Sin paja</b>	<b>Test Con paja</b>
IC total	4,1	3,8	3,9
ic paja			1,40
costepaja/kg			0,1
CosteTotal/kg*	1,05	1,18	1,26
índice	<b>100</b>	<b>112</b>	<b>120</b>
<b>Ahorro Coste/kg carne</b>	<b>-20%</b>		

\*Precios de referencia (GE = 0,258, R10= 0,311, Test= 0,309, Paja= 0,047)

### **5.6.5.- Conclusiones.**

De los resultados experimentales obtenidos se puede concluir:

1.- La inclusión de un 10% de pulpa de remolacha en la fórmula de un pienso compuesto destinado al cebo de corderos sin paja resulta económicamente neutra, al compensar el menor índice de conversión el mayor precio del cocentrado.

2.- La fórmulas de alimentación sin paja resultan económicamente más rentables en condiciones reales de explotación en cebadero.

### **5.6.6 Bibliografía.**

Álvarez, J.; Joy, M.; Molina, E.; Blanco, M.; Lobón, S.; Villalba, D. (2018). Nivel de proteína en piensos de cebo de corderos. *Albéitar*, 220: 30-31.

FEDNA (2019). Ingredientes para piensos. Tablas FEDNA 2010. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. <http://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>. Visita julio 2019.

López, H.A.; Restrepo, M. (2008). Programación lineal flexible con restricciones difusas. *Ingeniería e Investigación*, 28(1): 162-168.

MAPA (2019). Estimación de precios de piensos: noviembre 2019. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

Oviespaña (2019). <https://www.oviespana.com/informacion-de-ovino/cotizaciones-de-mercado/precios-nacionales-de-materias-primas-alimentarias-de-ovino/lonja-de-cereales-de-barcelona>. Última visita, septiembre 2019.

Solano, R.N.; Posada, S.L.; Ortíz, D.M. (2011). Programación lineal aplicada a la formulación de raciones para ruminantes. *Revista CES de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 6(2): 53-60.

Vargas, R.; Gutiérrez, J.E. (2018). Aplicación de la Programación Lineal para optimizar el costo de una dieta balanceada. *INGnosis*, 4(1): 48-63.



Wuffda (2016). Windows User Friendly Feed Formulation.  
<https://cfas.ksu.edu.sa> > [cfas.ksu.edu.sa](https://cfas.ksu.edu.sa) > [files](https://cfas.ksu.edu.sa) > [imce\\_images](https://cfas.ksu.edu.sa) >  
[wuffda2.1.xls](https://cfas.ksu.edu.sa). Última visita, septiembre 2019.

## **6.- Conclusiones finales**

- 1.- El uso de un pienso comercial no formulado de manera específica para ello, permite el cebo de corderos sin la utilización de paja de cereal, si bien los animales que disponen de paja a libre disposición presentan mejores resultados de crecimiento.
- 2.- El comportamiento ingestivo de los corderos alimentados con dietas de libre elección, permite detectar pautas útiles para la formulación de piensos de cebo sin la utilización de paja, basándose en la utilización de fuentes de fibra de fácil digestión.
- 3.- La inclusión de pulpa de remolacha hasta niveles del 20% permite un crecimiento adecuado de los corderos en ausencia de paja de cereal, con índices de conversión mejores que los de un pienso comercial normal.
- 4.- Las pruebas de digestibilidad confirman la mejor digestibilidad, entre los piensos utilizados, cuando se incorpora pulpa de remolacha en un 10% de fórmula.

- 5.- El cebo de cordeos sin paja, provoca cambios en la composición de la grasa perirrenal que son detectados mediante el uso de la espectroscopía por reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS).
- 6.- La incorporación de un 10% pulpa de remolacha en el pienso de cebo de corderos, tiene un impacto económico neutro sobre los costes de alimentación en el rango de peso estudiado (15-25kg).
- 7.- El cebo de corderos sin utilización de paja de cereal como fuente de fibra larga, resulta técnicamente viable y económicamente rentable en condiciones reales de cebadero.