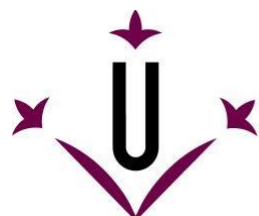


TRABAJO FINAL DE GRADO



Universitat de Lleida
Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agrària

ESTUDIO DE LAS CÉLULAS CALICIFORMES EN YEYUNO E ÍLEON COMO MARCADORES DE LA COCCIDIOSIS EN CORDEROS DE CEBO ALIMENTADOS CON PULPA DE ALGARROBO COMO FUENTE DE TANINOS CONDENSADOS

Doble titulación: en Veterinaria y en Ciencia y Producción Animal

Autora: Lara Martínez Lasanta

Tutora: Beatriz Serrano Pérez

Cotutor: Jonathan Pelegrin Valls

Departamento de Ciencia Animal

Lleida, Julio de 2021

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
RESUM	9
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. EL SECTOR OVINO EN ESPAÑA	10
1.2. COCCIDIOSIS	12
1.1.1. CICLO DE VIDA	12
1.1.2. SINTOMATOLOGÍA	13
1.1.3. DIAGNÓSTICO	13
1.1.4. TRATAMIENTO	14
1.1.5. PREVENCIÓN Y CONTROL	14
1.3. ALGARROBO	15
1.3.1. TANINOS CONDENSADOS	16
1.4. ANATOMÍA DEL APARATO DIGESTIVO	17
2. OBJETIVOS	21
3. MATERIAL Y MÉTODOS	22
3.1. Datos generales del estudio	22
3.1.1. Características de las razas utilizadas en el estudio.	23
3.2. Manejo del rebaño	25
3.3. Recuento de huevos de coccidios en heces	25
3.4. Recuento de células caliciformes	26
3.5. Medición del grosor de la capa muscular	27
3.6. Método estadístico de análisis de datos	27
4. RESULTADOS	28

4.1.	Células caliciformes (CC)	28
4.2.	Grosor de la capa muscular (GCM)	29
5.	DISCUSIÓN.....	31
6.	CONCLUSIONES	34
7.	BIBLIOGRAFÍA	35

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Censo de ovino por comunidad autónoma (SITRAN, 2021) Pág. 10*
- Figura 2. Distribución del censo ovino por comunidad autónoma (MAPA, 2020) Pág. 11*
- Figura 3. Aparato gastrointestinal ovino (Court, Hides y Webb-Ware, 2010) Pág. 17*
- Figura 4. Mucosas de los diferentes compartimentos del estómago de los rumiantes. (A) Papilas del rumen (B) Celdillas del retículo (C) Omaso D Abomaso (Rojo y González, 2013) Pág. 18*
- Figura 5. Células caliciformes en criptas del íleon (10X) Pág. 20*
- Figura 6. Macho de raza Ripollesa (Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación)*
- Figura 7. Ovejas de raza Romane “INRA 401” (Fuente: <http://es.france-genetique-elevage.org/Romane,299.html>) Pág. 24*
- Figura 8. Ovejas de raza Berberine (Fuente: Parés y Jordana, 2007) Pág. 25*
- Figura 9. Recuento de células caliciformes en el yeyuno de las hembras según el tratamiento aplicado, sin algarrobo (T0), con un 15 % de algarrobo (T15) y con un 30 % de algarrobo (T30). Pág. 29*
- Figura 10. Grosor de la capa muscular en el yeyuno de las hembras según el tratamiento aplicado, sin algarrobo (T0), con un 15 % de algarrobo (T15) y con un 30 % de algarrobo (T30). Pág. 29*
- Figura 11. Grosor de la capa muscular en el íleon de las hembras según el tratamiento aplicado, sin algarrobo (T0), con un 15 % de algarrobo (T15) y con un 30 % de algarrobo (T30). Pág. 30*

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de tratamientos (% de inclusión de garrofa) utilizados en el pienso Pág. 22

Tabla 2. Distribución de los grupos, n° de animales por lotes y corral Pág. 22

Tabla 3. Ingredientes de los piensos experimentales Pág. 23

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer todo el tiempo, el apoyo, ayuda y motivación que **Jonathan Pelegrin** y **Beatriz Serrano**, mis tutores me ha dado. También dar las gracias a **Javier Álvarez**, **María José Martín** y **Teresa Giró** por su participación y ayuda en la realización de este trabajo.

Quiero dar las gracias a **Sara** y a **Cristina**, por estar estos últimos 6 años a mi lado y ayudarme en todo. A todos **mis amigos/as**, pero sobre todo a **Raúl** y a **Isaí** por todo el apoyo y paciencia que han tenido conmigo durante toda la carrera. A toda **mi familia**, por el apoyo y cariño que me han dado durante todos mis estudios, destacando los últimos años universitarios. Por último, a mi tía, **Estrella**, por todo el amor, cariño y apoyo que me dio hasta el último momento.

RESUMEN

La coccidiosis es una enfermedad parasitaria mundialmente distribuida, que afecta a los corderos y que conlleva elevadas pérdidas económicas en el sector ovino. El daño provocado a nivel intestinal por los parásitos estimula la producción de moco, que es secretado por las células caliciformes. Por ello, se ha estudiado la inclusión en la dieta de algarrobo, el cual contiene un alto contenido de taninos condensados y puede mejorar el estado parasitario en corderos, si es añadido a la dieta de estos.

Se realizó un estudio con 29 corderos, divididos en dos lotes (invierno y verano) con tres dietas diferentes (T0, T15 y T30). Primeramente, se recogieron muestras de yeyuno e íleon que fueron procesadas y teñidas con azul Alcian, donde se contaron las células caliciformes (CC) y se midió el grosor de la capa muscular (GCM). Los datos se analizaron con un modelo de mínimos cuadrados estándar que incluyó el efecto de la dieta y de lote para los parámetros estudiados. Por último, se utilizó la prueba del coeficiente de correlación de Pearson (r) para identificar posibles relaciones entre el número de CC y el GCM.

Los resultados indicaron que las corderas alimentadas con algarrobo y lote invierno presentaron un menor número de CC en yeyuno que T0 y lote verano, respectivamente ($P < 0,05$). No obstante, en los machos no se observaron estas diferencias ($P > 0,05$). Respecto al GCM, la media en las corderas del T0 fue superior en el yeyuno respecto al T15 ($P < 0,05$). Sin embargo, el GCM del íleon fue superior en el T0 verano tanto en corderos como en corderas, siendo T15 del lote invierno los que presentaron menor grosor ($P < 0,05$). No se observó correlación entre el número de CC y el GCM en corderos ($P > 0,05$). En cambio, las corderas mostraron una correlación positiva entre el número de CC y el GCM en íleon y yeyuno ($r = 0,54$ y $r = 0,53$).

En conclusión, la inclusión de algarrobo en la dieta disminuyó el recuento de coccidios, y se observó un menor número de CC y GCM en hembras alimentadas con algarrobo al 15%, sugiriendo una distinta susceptibilidad ligada al sexo frente a la coccidiosis.

Palabras clave: cordero, coccidios, células caliciformes, algarrobo, taninos condensados

ABSTRACT

Coccidiosis is a worldwide distributed parasitic disease, that affects lambs and entails high economic losses in the ovine sector. The intestinal damage caused by the parasites stimulates the production of mucus, that is secreted by the goblet cells. For this reason, the addition in the diet of carob has been studied, which contains a high content of condensed tannins and can improve the parasitic state in lambs if it is added to their diet.

A study was carried out with 29 lambs, divided into two batches (winter and summer) with three different diets (T0, T15 and T30). First, jejunum and ileum samples were collected, processed and stained with Alcian blue, where the goblet cells (GC) were counted, and the thickness of the muscle layer (TML) was measured. The data was analyzed with a standard least squares model, that included the effect of diet and batch within the parameters studied. Finally, the Pearson correlation coefficient (r) test was used to identify possible relationships between the number of GC and the TML.

The results indicated that the lambs fed with carob and winter flock presented a lower number of GC in the jejunum than T0 and summer flock, respectively ($P < 0.05$). However, these differences were not observed in males ($P > 0.05$). Regarding the CMG, the mean in the lambs of T0 was higher in the jejunum compared to T15 ($P < 0.05$). However, the TML of the ileum was higher in the summer T0 in both lambs and ewes, being T15 of the winter batch those that presented the lowest thickness ($P < 0.05$). There was no correlation between the number of GC and the TML in lambs ($P > 0.05$). On the other hand, the ewes show a positive correlation between the number of GC and the TML in ileum and jejunum ($r = 0.54$ and $r = 0.53$).

In conclusion, the inclusion of carob in the diet decreased the coccidial count, and a lower number of GC and TML were observed in females fed 15% carob, suggesting a different sex-linked susceptibility to coccidiosis.

Keywords: lamb, coccidia, goblet cells, carob, condensed tannins

RESUM

La coccidiosi és una malaltia parasitària mundialment distribuïda que afecta als xais i que comporta elevades pèrdues econòmiques al sector oví. El dany provocat pels paràsits estimula la producció de moc que és secretat per les cèl·lules caliciformes. Per això, s'ha estudiat la inclusió de polpa de garrofa, la qual conté un alt contingut de tanins condensats, a la dieta dels xais per tal d'observar si l'estat parasitari millora.

Es va realitzar un estudi amb 29 xais dividits en dos lots (hivern i estiu) amb tres dietes diferents (T0, T15 i T30). Primerament, es van recollir mostres de jejú i ili que van ser processades i tenyides amb blau Alcian, on es van comptar les cèl·lules caliciformes (CC) i es va mesurar el gruix de la capa muscular (GCM). Les dades es van analitzar amb un model de mínims quadrats estàndard que va incloure l'efecte de la dieta i del lot per als paràmetres estudiats. Finalment, es va utilitzar la prova del coeficient de correlació de Pearson (r) per identificar possibles relacions entre el nombre de CC i el GCM.

Els resultats van indicar que les xaies del lot d'hivern alimentades amb pinsos que contenien polpa de garrofa tenien un menor nombre de CC en jejú que T0 i lot d'estiu, respectivament ($P < 0,05$). No obstant això, aquestes diferències no es van observar als mascles ($p > 0,05$). Pel que fa al GCM, es va observar que el jejú de les corderes T0 tenia una mitjana superior a T15 ($P < 0,05$). No obstant això, el GCM de l'ili va ser superior al T0 del lot estiu tant en corders com en corderes, sent T15 del lot hivern els que van presentar un menor gruix ($P < 0,05$). No es va observar correlació entre el nombre de CC i el GCM en xais ($p > 0,05$). En canvi, les corderes van mostrar una correlació positiva entre el nombre de CC i el GCM en ili i jejú ($r = 0,54$ i $r = 0,53$).

En conclusió, la inclusió de garrofer en la dieta va disminuir el recompte de coccidis, i es va observar un menor nombre de CC i GCM en femelles alimentades amb garrofer al 15%, suggerint una diferent susceptibilitat lligada al sexe davant de la coccidiosi.

Paraules clau: xai, coccidis, cèl·lules caliciformes, garrofer, tanins condensats

1. INTRODUCCIÓN

1.1.EL SECTOR OVINO EN ESPAÑA

El ganado ovino es una especie que se ha explotado tradicionalmente aprovechando ecosistemas no aptos para el resto de ganado, es decir, zonas áridas y secas. Por ello, este tipo de producción ha desarrollado una gran importancia a lo largo del tiempo, influyendo así en su forma de producir y en su desarrollo. A nivel mundial, este tipo de producción ocupa muchos lugares productivos muy diferentes entre ellos. Aunque, la mayoría centrados en la obtención de un producto al cual puedan acceder la mayor cantidad de gente posible, aun teniendo pocos recursos.

En España se han producido 117 mil toneladas de carne ovina, representando un 14,91 % de la producción cárnica en Europa. Asimismo, las cifras revelan que, dentro de las principales producciones españolas, el número de cabezas ovinas en España en el 2019 fue de 15.478.620, en comparación al número de cabezas de porcino 31.246.040, de cabezas de bovino 6.600.330 y de cabezas de caprino 2.659.100 (FAOSTAT, 2019).

El censo ovino por comunidad autónoma ha ido experimentando una disminución en los últimos años, tal y como se observa en la *Figura 1*, siendo el censo actual de 16 millones aproximadamente incluyendo reproductoras, machos, menores y mayores de 4 meses.

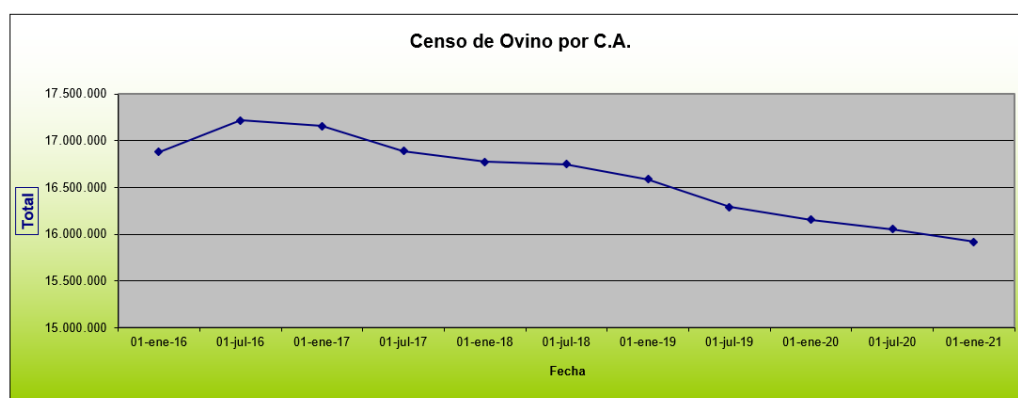


Figura 1. Censo de ovino por comunidad autónoma (SITRAN, 2021)

Dentro de España, las comunidades autónomas con un mayor censo ovino en el año 2020 son: Extremadura (23,3 %), Castilla y León (16,7 %) y Castilla-La Mancha (15,8 %) (*Figura 2*) (MAPA, 2020).

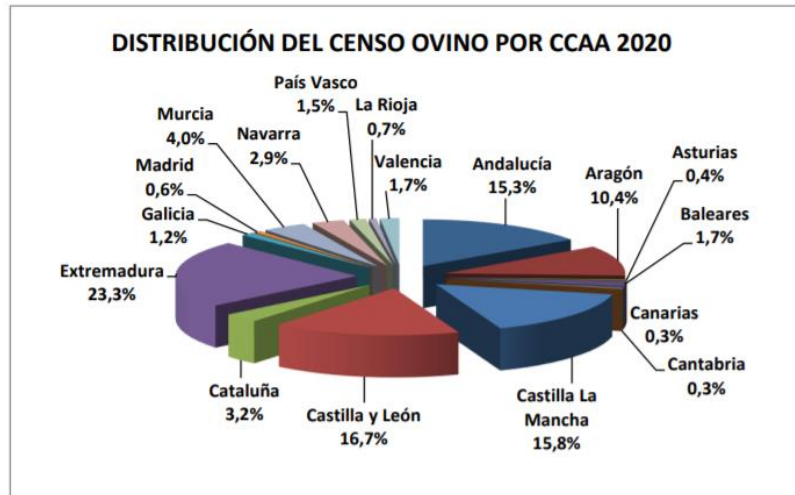


Figura 2. Distribución del censo ovino por comunidad autónoma (MAPA, 2020)

Son muchos los factores que determinan la importancia del sector ovino en nuestro sistema productivo. Al tratarse de una producción que se encuentra en zonas desfavorecidas, donde se emplean sistemas productivos tradicionales que son condicionales de nuestro paisaje rural junto con el alto valor de sus producciones, se ha llegado a un régimen especial de apoyo (MAGRAMA, 2012). Todo ello hace que haya una disminución de interés hacia este sector. Por ello, se creó la Organización Común de Mercados (OCM) en el sector, donde se incluyeron ayudas directas, basadas en un sistema de derechos de primas con el propósito de conseguir una mayor estabilidad en el mercado de carne ovino. Por otro lado, las reformas que han sido llevadas a cabo de la Política Agrícola Común (PAC) han tenido la finalidad de favorecer la estabilidad de las rentas a los productores, con diferentes medidas de mercado para situaciones difíciles en los mercados y medidas de desarrollo rural. Junto a las dificultades que tiene este sector para mantenerse solo, se le ha unido la situación de la pandemia COVID-19 produciendo que la demanda haya disminuido.

Aunque el consumo de carne ha experimentado una regresión en los últimos años, se trata de un sector con bastante importancia en España. Por ello, es interesante la realización de estudios que estén centrados en la mejora de la calidad de vida de los animales, tanto en patologías como en el propio bienestar de estos, con el fin de que mejore la producción. Sin embargo, hay muchos tipos de microorganismos que causan enfermedades que afectan al ganado ovino, tales como bacterias, virus, parásitos, etc., destacando los coccidios dentro del último grupo citado (Carrau et al., 2018; Hurtado et

al., 1998; Fernández-Carrión et al., 2018; Minguijón et al., 2015).

1.2. COCCIDIOSIS

Se trata de una enfermedad parasitaria mundialmente distribuida causada el parásito protozoo del género *Eimeria* que afecta a los animales vertebrados, tales como los rumiantes domésticos (Taylor et al. 2016). Además, está estrechamente ligada a deficiencias en la explotación, ya que cursa con elevadas morbilidades y mortalidades (Bangoura y Bardsley, 2020).

Estos tipos de parásitos son específicos del huésped, es decir, que una especie de *Eimeria* infecta a una especie en concreto y no puede afectar a otra distinta. Aunque no todas las especies de *Eimeria* tienen el mismo grado de patogenicidad, para realizar un diagnóstico adecuado, se requiere la diferenciación de especies (Bangoura y Bardsley, 2020). Sin embargo, es frecuente que ocurran infecciones mixtas con diversas especies patógenas y no patógenas (Keeton y Navarre, 2018).

Asimismo, se trata de una enfermedad que afecta más a corderos entre 3 – 4 meses de edad; aunque también es muy frecuente ver afectados adultos, pero sin mostrar sintomatología. Este hecho se debe tener en cuenta ya que los adultos son fuentes de infección parasitaria o portadores asintomáticos, que diseminan los coccidios haciendo así que se contagien otros corderos (Reina et al, 2011).

1.1.1. CICLO DE VIDA

El ciclo de vida de este protozoo consta de dos fases y tarda entre 2 y 4 semanas en completarse, según la especie *Eimeria* y las condiciones ambientales (Soulsby, 1982). Las fases están clasificadas según donde ocurra el desarrollo, es decir, exógena si ocurre en el medio ambiente y endógena si ocurre dentro del hospedador.

En la fase exógena, los ooquistes no esporulados son excretados en las heces, y si las condiciones ambientales son las ideales (oxígeno, temperaturas moderadas y elevada humedad) se llevará a cabo la esporulación, la cual durará entre 1 a 4 días. En el caso de que las condiciones no sean las ideales, puede durar varias semanas.

Por otro lado, la fase endógena tiene lugar cuando el animal ingiere los ooquistes

esporulados. Una vez que los ooquistes han sido ingeridos, son transportados al intestino, dónde debido a la pepsina, la bilis, la tripsina, la temperatura y el pH, los ooquistes se rompen y liberan el contenido infeccioso, es decir, los esporozoitos (*Chapman, 1978; Kowalik y Zahner, 1999*). Estos se transforman en esquizontes, los cuales se multiplican asexualmente generando merozoitos, que pueden penetrar en las células epiteliales intestinales y multiplicarse. En la fase sexual, los microgametos pasan a macrogametos produciendo ooquistes. Cuando estos maduran, son liberados a la luz del intestino y excretados en las heces como ooquistes no esporulados (*Chartier y Paraud, 2012; Foreyt, 1990; Dendrickson; Jolley y Bradsley, 2006; Keeton y Navarre, 2018*).

1.1.2. SINTOMATOLOGÍA

Los corderos y cabritos tienen una susceptibilidad mayor entre el primer y el sexto mes de vida, aunque la mayoría de enfermedades clínicas se pueden observar entre las 4 y 8 semanas de edad (*Schoenian, 2016*). En el caso de los corderos de cebo, puede presentarse de forma clínica o subclínica. Por un lado, en la forma clínica, algunos de los síntomas son fiebre, diarrea, dolor abdominal y deshidratación, produciendo incluso la muerte (*Keeton y Navarre, 2018*). Por otro lado, la infección subclínica puede causar disminución del apetito y de la eficiencia alimentaria, lo que conduciría a un crecimiento deficiente del animal (*Khodakaram y Mansourian, 2008*).

1.1.3. DIAGNÓSTICO

El diagnóstico tentativo ante mortem de dicha enfermedad se basa, generalmente, en el historial de los animales junto con los signos clínicos y la observación de ooquistes en las heces.

Por otro lado, realizar un diagnóstico definitivo es más complicado debido a la dificultad de poder interpretar los resultados del examen fecal.

Por último, la necropsia y la histopatología serían unas opciones óptimas para confirmar la presencia de coccidios. En la necropsia se podrían observar hemorragias intestinales y manchas blancas-grisáceas en la mucosa (*Keeton y Navarre, 2018*).

1.1.4. TRATAMIENTO

Los animales deben recibir un tratamiento lo antes posible, ya que hay animales asintomáticos que pueden contaminar el medio. Y siempre teniendo en cuenta que cualquier tratamiento aplicado debe de estar asociado con un medio ambiente lo más limpio posible (*Chartier y Paraud, 2012*).

Se podría aplicar un tratamiento prematuro e individual con sulfonamidas, ya que se obtienen resultados positivos en animales con diarreas. Esto es debido a su efecto inhibitor y letal sobre merozítos y esquizontes (*Rossanigo, 2007*), pero tienen actividad durante las últimas etapas del ciclo del parásito. Sin embargo, el amprolio y los ionóforos actúan en las primeras etapas (*Chartier y Paraud, 2012*). Por otro lado, el decoquinato, el toltrazuril y el diclazuril actúan durante todo el ciclo (*Taylor et al., 2003*), pudiéndose usar tanto como preventivo como curativo. La pauta de administración de forma curativa sería una sola vez el toltrazuril y el diclazuril, y, por otro lado, el amprolio y las sulfonamidas, deben administrarse durante 3 – 5 días (*Chartier y Paraud, 2012*).

En el campo, para controlar la excreción de oocistos y mejorar el aumento de peso y salud, se podría administrar un solo tratamiento alrededor del destete temprano del cordero (*Platzer et al., 2005*). Además, en animales deshidratados sería necesario aplicar un tratamiento de reconstitución (*Rossanigo, 2007*).

1.1.5. PREVENCIÓN Y CONTROL

Hay que tener en cuenta que un control eficaz de la coccidiosis no consiste solamente en la eliminación completa de *Eimeria* de las instalaciones afectadas. Ya que una infección a dosis bajas es beneficiosa para el huésped, puesto que le permite desarrollar una inmunidad protectora.

En gran medida, la prevención se basaría en la gestión del rebaño, como sería la minimización de los factores estresantes (hacinamiento, condiciones climáticas adversas, cambios de dieta, ...), junto con una buena limpieza y desinfección de las instalaciones. Asimismo, un buen manejo general, un buen diseño de instalaciones, una rotación de pastos, siempre y cuando sea posible, y la absorción de calostro, puede garantizar una presión de infección baja.

Sin embargo, se debe destacar que una eliminación completa del patógeno de las instalaciones no es posible, ni tampoco es algo que se busque, ya que un contacto con el antígeno asegura un desarrollo de la inmunidad del huésped. Pero, para evitar problemas graves con coccidios, normalmente se aplican medicamentos específicos que, o bien matan a los parásitos (coccidiocidas) o que inhiben el desarrollo de estos (coccidiostáticos), o que tienen ambos modos de acción.

Por lo tanto, de manera óptima, un tratamiento anticoccidial debería aplicarse después de la infección, pero antes de que se hayan formado las últimas etapas de desarrollo de los parásitos; esto ocurre aproximadamente dentro de los 14 días post infección (*Bangoura y Bradsley, 2020*).

Por todo lo anteriormente mencionado, la coccidiosis conlleva pérdidas económicas considerables en el sector ovino y, debido a su alta prevalencia en las explotaciones, está considerada una de las parasitosis más importantes y de mayor preocupación para ganaderos y veterinarios. A fin de instaurar medidas antiparasitarias alternativas, se han realizado estudios donde se ha observado que un cierto uso de plantas con propiedades antihelmínticas o forrajes bioactivos, productos y metabolitos secundarios de plantas pueden mejorar el estado parasitario. Asimismo, pueden proporcionar un medio rentable y sostenible, pudiendo reducir los antihelmínticos químicos (*Ríos-de Álvarez et al., 2012*).

Las plantas leguminosas, tales como la esparceta, como contienen un alto contenido proteico han sido estudiadas por las características que pueden ofrecer, tales como: buena tolerancia por parte de los animales, beneficios potenciales en la dieta y salud de los mismos, el alto contenido de proteínas, ... (*Márquez y Suárez, 2008*). Concretamente, la inclusión del algarrobo en la dieta contribuye a la mejora del estado parasitario de los animales (*Saratsis et al., 2016*).

1.3.ALGARROBO

El algarrobo (*Ceratonia siliqua L.*), perteneciente a la familia *Leguminosae*, es una especie arbórea muy típica en la cuenca Mediterránea; utilizada en la industria alimentaria como fuente de goma, extraída de las semillas (LBG-E410) (*Custodio et al., 2011*). En los últimos años, la producción y cultivo de algarrobas ha ido disminuyendo,

especialmente en los principales países productores, dentro de los cuales destacaríamos a España, a Italia, a Portugal y a Marruecos (*Guillén et al., 2018*).

Los dos componentes principales, según el peso, del algarrobo serían la pulpa, siendo un 90 %, y las semillas, siendo el 10 % restante (*Battle y Tous, 1997*). La pulpa tiene una gran cantidad de azúcar (48 – 56 %) y también de taninos condensados (16 – 20 % del peso seco) (*Würsch et al. 1984*).

Asimismo, los TC son unos compuestos fenólicos producidos por algunas plantas (*Lobon et al., 2018*). Tienen un gran interés en la alimentación ovina con diversos efectos tales como un efecto positivo sobre la calidad de la leche y de la carne (*Toral et al., 2011; Vasta y Luciano, 2011*) y cierta actividad antihelmíntica (*Hoste et al., 2005*).

Por otro lado, la inclusión de este alimento se encuentra entre 11 % (*FEDNA, 2011*) y 25 % (*Obeidat et al., 2011; Heuzé et al., 2016; Gobindram, 2015*), esto es debido a que cuando se alimenta con una concentración superior al 7 % provoca una disminución de la ingestión voluntaria junto con una reducción del metabolismo del rumen (*Piñeiro-Vázquez et al., 2015*). Esto puede ocurrir cuando las concentraciones de proteína cruda son bajas y las de fibra son alta, ya que pueden provocar efectos perjudiciales (*Rojas et al., 2006*).

Los resultados tan dispares en cuanto a la cantidad de algarrobo en la dieta podrían deberse al nivel de proteína bruta en el pienso junto con la cantidad de taninos condensados del algarrobo incluido (*Lobon et al., 2018*).

1.3.1. TANINOS CONDENSADOS

Son un grupo de compuestos fenólicos con un elevado peso molecular y una complejidad variable (*Makkar, 2003*). Asimismo, tienen la capacidad de interaccionar con proteínas y otras moléculas que se encuentran en el tracto digestivo del animal, protegiendo así a las plantas de patógenos, insectos y animales herbívoros (*Mueller-Harvey, 2006*).

Anteriormente, los TC eran llamados antinutrientes debido a que estaban asociados a efectos negativos sobre los parámetros productivos (*Lobon et al., 2018*). Sin

embargo, según *Piluzza et al., (2014)*, estos compuestos pueden afectar tanto como positiva como negativamente al animal, según la concentración, estructura y peso molecular, la dieta, la especie del animal y la fisiología de este.

Son varias sus propiedades destacadas: previenen el meteorismo, inhiben la metanogénesis (*Patra y Saxena, 2011*) y reducen la degradabilidad ruminal de la proteína ingerida, incrementando la cantidad de aminoácidos de la dieta que llegan al intestino delgado para ser absorbidos (*Wang et al., 1996*). Asimismo, también poseen propiedades antihelmínticas y antibióticas (*Hoste et al., 2005; Huang et al., 2018*).

1.4. ANATOMÍA DEL APARATO DIGESTIVO

El tracto gastrointestinal en rumiantes se puede dividir en inferior y superior (*Figura 3*). Primeramente, tenemos el tracto superior, el cual tiene su inicio en la boca e incluye el esófago y el estómago. Este último es compuesto, es decir está formado por dos tipos de mucosas, la no glandular y la glandular y, a su vez, está constituido por 4 cavidades. Las tres primeras comprenden el proventrículo y son el rumen, el retículo y el omaso, las cuales están formadas por mucosa no glandular y encargadas de la digestión de los hidratos de carbono (*Figura 4*). La última cavidad es el abomaso o ventrículo, y, en este caso, la mucosa es glandular (*Rojo y González, 2013*). En los tres primeros compartimentos nombrados anteriormente ni contienen glándulas ni segregan mucus; sin embargo, la llamada digestión verdadera ocurre en el abomaso, el estómago glandular, gracias a enzimas microbianas (*Díaz et al. 2008*).

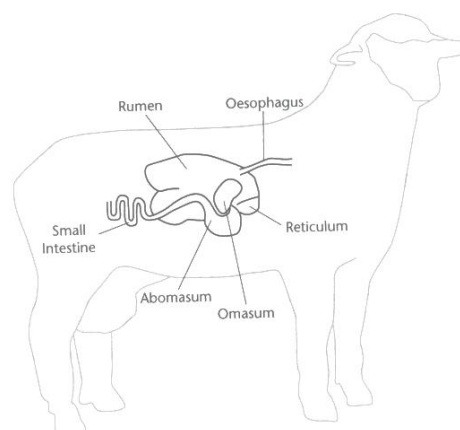


Figura 3. Aparato gastrointestinal ovino (*Court et al. 2010*).

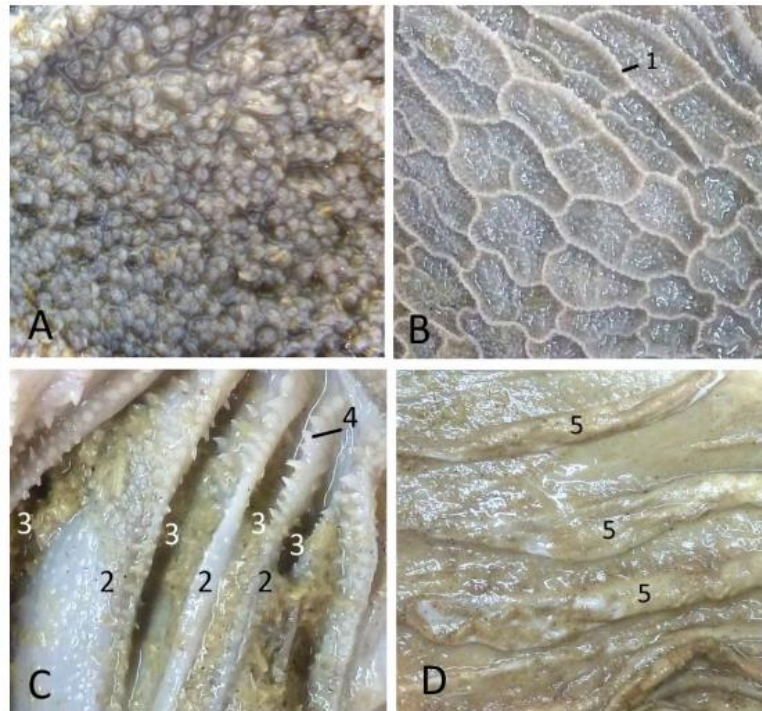


Figura 4. Mucosas de los diferentes compartimentos del estómago de los rumiantes. (A) Papilas del rumen, (B) Celdillas del retículo, (C) Omaso, (D) Abomaso (Rojo y González, 2013).

Por otro lado, se encuentra el tracto inferior que está formado por el intestino delgado y el intestino grueso, desembocando en el ano. En el intestino, acaban de ser digeridas las proteínas, también se digieren las grasas y se absorben todos los productos finales de la digestión, todo ello facilitado gracias a la longitud del mismo (García-Tobar, 1969). El intestino delgado se divide en duodeno, yeyuno e íleon. El primero de ellos tiene un papel importante en el proceso de la digestión. Después tenemos al yeyuno que hace de unión entre el duodeno y el íleon, además, es la primera sección que contiene microvellosidades y la más larga del intestino delgado. El íleon es donde la gran mayoría de los nutrientes son absorbidos por el elevado número de vellosidades situadas en la superficie de la mucosa. El epitelio ileal presenta bastantes células caliciformes y agregados linfáticos los cuales son más abundantes en esta región que en otras partes del intestino delgado (Frandsen et al. 2009).

Las funciones digestivas y absorbentes del intestino delgado están facilitadas por varias estructuras especializadas (Eurell y Frappier, 2006). Generalmente la pared del aparato digestivo está formada por una serosa externa, una muscular externa, submucosa y una mucosa interna. La mucosa consiste en un epitelio interno, una lámina media propia y una *muscularis mucosae* externa, la cual no está presente en todo el aparato digestivo

(Bacha y Bacha, 2001).

El rasgo más característico del intestino son las vellosidades, las cuales son unas proyecciones de la mucosa del intestino delgado y que aumentan el área superficial intestinal entre 10 y 14 veces, si se compara con una superficie lisa de igual tamaño (Eurell, 2004; Cunningham y Klein, 2014; Megías et al., 2019). En la base de dichas vellosidades, se encuentran las criptas de Lieberkühn o criptas intestinales las cuales están consideradas unas glándulas tubulares simples, ya que sus células sintetizan sustancias con funciones enzimáticas, hormonales y de defensa (Gil, 2020). El epitelio superficial de las vellosidades es un epitelio cilíndrico simple que contiene numerosas células caliciformes, las cuales se encuentran dispersas entre las células absorbentes y, además, producen moco (Eurell, 2004).

Este último tipo de células nombradas, que serían las células caliciformes (Figura 5), son unas glándulas unicelulares intraepiteliales que se encuentran dispersas entre las células que forman parte del epitelio del intestino, tanto delgado como grueso, además del aparato respiratorio y algún epitelio lubricado (Megías et al., 2019).

Su función principal es la secreción de moco, el cual protege y lubrica la superficie interna de dichos aparatos. A medida que se produce mucina dentro de la célula, se distiende la porción apical de la misma, donde se acumulan gotitas de mucina y, a su vez, el núcleo y el citoplasma que queda son empujados hacia la base celular estrecha que descansa sobre la membrana basal. Además, el número de CC va disminuyendo en cuanto nos acercamos a las puntas de las vellosidades; sin embargo, la densidad de estas es dos o tres veces superior en el íleon que en el duodeno (Eurell y Frappier, 2006). Además, las CC también actúan contra los patógenos, cambiando los componentes del moco y aumentando su tamaño y número (Lake et al. 1980; Mowat y Parrot 1983; Ishikawa et al. 1993).

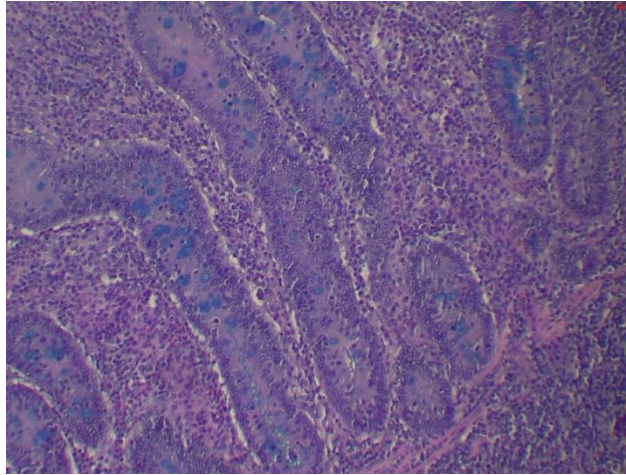


Figura 5. Células caliciformes en criptas del íleon (10X)

Asimismo, hay estudios que demuestran que algunos parásitos helmintos son capaces de cambiar el número de las células y alterar los componentes del moco (*Linh et al., 2008*). Por otro lado, según *Domínguez, (2015)*, el daño provocado por los coccidios también estimula la producción de moco, provocando un aumento de la proliferación bacteriana y desarrollando una enteritis.

Así pues, la inclusión del algarrobo en la dieta del cordero se espera que mejore el estado parasitario (*Vasta y Luciano, 2011*). El análisis del efecto antiparasitario se podría relacionar con las células caliciformes, en las cuales se observan cambios de respuesta y en la producción de mucina en muchas infecciones intestinales causadas por parásitos (*Linh et al., 2008*).

2. OBJETIVOS

El propósito principal de este Trabajo Final de Grado fue analizar el papel que tiene la inclusión de algarrobo en la dieta de corderos de cebo, en relación a la infestación parasitaria de coccidios. Para ello, se marcaron los siguientes objetivos:

1. Comparar el número de las células caliciformes (CC) en las criptas intestinales de yeyuno e íleon, según el sexo y la dieta administrada con diferentes cantidades de algarrobo (0 %, 15% y 30 %) a los corderos.
2. Estudiar cómo varía el grosor de la capa muscular (GCM) en el yeyuno y en el íleon según el sexo y la dieta administrada con diferentes cantidades de algarrobo (0 %, 15% y 30 %) a los corderos.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Datos generales del estudio

En este estudio se utilizaron 29 corderos (14 machos y 15 hembras) destetados de 45-60 días de raza cruzada: Ripollesa x INRA x Berberine (vacuna madres de enterotoxemia 2 veces/año con Toxipra Plus y 2 antiparasitarios: Seponver plus (otoño) e Ivermectina (primavera)), de dos lotes consecutivos (invierno – verano) de 144 corderos (en 12 corrales x 2 lotes, equilibrados por sexos en cada corral). Estos animales fueron alimentados con diferentes niveles de inclusión de algarrobo (0 % “T0”, 15% “T15” y 30% “T30”; 8 réplicas/tratamiento).

El estudio tuvo una duración máxima de 6 semanas para cada lote. A continuación, se describen los tratamientos experimentales (*Tabla 1*) y su distribución (*Tabla 2*).

Tabla 1. Tipos de tratamientos (% de inclusión de garrofa) utilizados en el pienso.

Grupo	Período del tratamiento	PB del pienso
	14-25 kg de PV	% sobre MS
T0	0% algarrobo	17,4
T15	15% algarrobo	17,4
T30	30% algarrobo	17,4

Tabla 2. Distribución de los grupos, n° de animales por lotes y corral

Grupo	N° de animales por lote	N° de animales por corral
T0	24	6 animales * 4 corrales
T15	24	6 animales * 4 corrales
T30	24	6 animales * 4 corrales

Todos los piensos administrados fueron isoenergéticos (1 UFC/kg) e isoproteicos. Se formularon con los mismos ingredientes y aditivos, modificando el porcentaje de inclusión del concentrado de algarrobo (*Tabla 3*).

Tabla 3. *Ingredientes de los piensos experimentales.*

Grupo	T0	T15	T30
Porcentaje de algarrobo	0%	15%	30%
Ingrediente			
Harina de maíz	28.00	27.99	22.65
Cebada 2C 11,3% CP	28.85	15.02	5.02
Trigo 12,9% CP	8.00	8.00	7.99
Salvado de trigo (bajo contenido de almidón)	4.00	2.00	1.03
Pienso de maíz sin gluten	12.00	7.14	3.02
Harina de soja 47% CP	14.40	18.79	22.48
Algarrobo	0	15.02	29.95
Aceite de palma	0.94	2.97	5.42
CaCO3 sémola	2.51	1.77	1.14
Sal	1.00	1.00	1.00
Premezcla de vitaminas y minerales	0.30	0.30	0.30

3.1.1. Características de las razas utilizadas en el estudio.

En este estudio los animales utilizados son un cruce entre las siguientes razas: Ripollesa, INRA y Berberine.

La primera de ellas, la **Ripollesa** (*Figura 6*) es una raza que proviene de Girona, y que se considera un cruce entre la raza Merina y las antiguas ovejas del Pirineo Central. Se tratan de unas ovejas que pueden ir desde los 50 kg en hembras hasta, aproximadamente, los 75 kg en los machos, además, tanto machos como hembras pueden tener cuernos. Su color es blanco con pigmentaciones o bien negras o marrones en la cara y en las extremidades. Para la producción cárnica el peso medio de la canal es de 11 kg, con un rendimiento de un 43 %.



Figura 6. Macho de raza Ripollesa (Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación)

En segundo lugar, la **Romane “INRA 401”** (Figura 7), la cual proviene de un programa de selección realizado por el INRA desde 1963, con la finalidad de mejorar la prolificidad del rebaño ovino francés. Se ha conseguido esta raza gracias al cruce entre la Romanov, por su prolificidad, y la Berrichon du Cher, por sus características cárnicas. Dentro de sus principales características podríamos destacar su elevada prolificidad que es superior a 2 corderos/parto, tienen una buena rusticidad con una complexión ancha y los pesos varían entre 70 kg en las hembras hasta 90 kg en los machos.



Figura 7. Ovejas de raza Romane “INRA 401” (Fuente: <http://es.france-genetique-elevage.org/Romane,299.html>)

Por último, tenemos la **Berberine** o también llamada Roja Rossellonca (Figura 8) que debe su nombre a la coloración de su pelo, tiene su origen en el Pirineo Catalán y parte de Francia. Se trata de una raza de aptitud cárnica con gran rusticidad, donde sus pesos varían desde los 50-60 kg hasta 70-80 kg según sean machos o hembras, tienen un perfil convexo con una presencia frecuente de zarcillos y orejas largas. Dentro de sus

características productivas, el peso de la canal es sobre los 11,5 kg y no está considerado extraño la presencia de partos dobles en esta raza (Parés y Jordana, 2007).



Figura 8. Ovejas de raza Berberine (Fuente: Parés y Jordana, 2007)

3.2. Manejo del rebaño

En la entrada de los corderos en la explotación, se realizó un estudio coprológico para poder distribuir homogéneamente a los animales. Asimismo, se realizó una adaptación con el mismo pienso para todos (sin algarrobo). Se repartieron los corderos según su peso: pequeños y grandes, aproximadamente 14 y 16 kg, respectivamente.

Cuando los animales alcanzaron los 23-25 kg de PV, se trasladaron al matadero de BonArea Agrupa. Seguidamente, se recogieron muestras de yeyuno e íleon para valorar el estado de la salud intestinal mediante el conteo de las células calciformes.

3.3. Recuento de huevos de coccidios en heces

En un estudio realizado por *Pardos, (2020)* con los mismos animales que este estudio se siguieron los siguientes pasos para valorar el recuento de huevos de coccidios (RHC) en heces.

Una semana antes del inicio de la recogida de muestras para el examen coprológico, todos los corderos fueron tratados y adaptados a una alimentación común (0% algarroba “G814”), para así comenzar todos en las mismas condiciones. En primer lugar, se realizó un muestreo al principio para saber el punto de inicio del estudio y, además, ninguna de las formulaciones administradas llevaba Decoquinato o sucedáneos.

Las muestras de dicho estudio se tomaron mediante estimulación por vía rectal y 1 por corral, formadas por un Pool de por lo menos 4 individuos por corral (alrededor de 40 gramos por muestra). Estas muestras se recogían y se identificaban al momento, además, siempre se realizó un cambio de guantes entre animal y animal.

Las muestras fueron analizadas por el método McMaster (*Saratsis et al., 2011*) y los resultados de conteo fueron expresados en huevos/gramos de heces sobre un volumen de suspensión fecal conocido.

3.4. Recuento de células caliciformes

En el momento del sacrificio se recogieron muestras del yeyuno y del íleon. Esto se realizó con la intención de valorar posibles cambios inducidos por coccidios en los tejidos muestreados. Para el examen histológico, se tomaron muestras de unos 5 cm² del saco dorsal craneal, las cuales fueron lavadas con una solución salina tamponada con fosfato (PBS), se fijaron en una solución de formalina al 10% y, posteriormente, fueron procesadas histológicamente con una tinción especial, Alcian blue, la cual permite identificar las células caliciformes (*Dkhil et al., 2015*).

El protocolo que se siguió para el contaje de las células fue el siguiente (*Dkhil et al., 2015*):

- a) En primer lugar, las muestras fueron examinadas con un microscopio óptico a 10X (Motic BA310E) y se procedió a la búsqueda de criptas/vellosidades, en este caso se buscaron las criptas, ya que las vellosidades no se encontraban en buen estado.
- b) En segundo lugar, de cada muestra se seleccionaron las criptas que se encontraban bien orientadas y enteras, es decir, sin torsiones o artefactos que pudiera dificultar/subestimar el contaje. Además, se midió el grosor de la capa muscular (GCM) en 4 puntos aleatorios (Motic Images Plus 3.0 ML).
- c) Por último, se realizó una instantánea de las mismas y se procedió al contaje de las células caliciformes de 10 criptas diferentes; expresándose el resultado como número medio de CC por cada 10 criptas.

3.5. Medición del grosor de la capa muscular

Después de ser procesadas las muestras se procedió a medir el grosor de la capa muscular mediante el microscopio óptico (Motic BA310 E). Por ello, en cada una de las muestras se realizaron 4 mediciones de las fotos realizadas con un aumento 4X, en 4 ubicaciones aleatorias del yeyuno y del íleon mediante el programa Motic Images Plus 3.0 ML.

3.6. Método estadístico de análisis de datos

Para la realización de la parte estadística del estudio se utilizó el programa informático JMP Pro13 (SAS Institute Inc, Cary, NC, EEUU).

Los datos extraídos se analizaron con un modelo de mínimos cuadrados estándar que incluyó el efecto de la dieta, sexo y de lote como efectos fijos para el número de células caliciformes y el grosor de la capa muscular. Para poder identificar posibles relaciones entre el número de CC y el GCM se utilizó la prueba del coeficiente de correlación de Pearson (r). Para los resultados de los parámetros se realizó la separación de medias mediante el test de Tukey y también se describe el error estándar que acompañó a las medias en el momento de la representación gráfica.

Los resultados se consideraron significativos cuando fueron $p < 0,05$.

4. RESULTADOS

En primer lugar, en otro estudio (*Pardos, 2020*) realizado con los mismos animales, se pudo ver que el recuento de huevos de coccidios (RHC) medio fue 12.775, 10.343,75 y 5.168,75 \pm 1.985 en T0, T15 y T30, respectivamente. Por lo que se vio que la excreción de huevos en T30 fue menor que en T0 ($P < 0,05$), mientras que en T15 fue similar a ambos tratamientos ($P > 0,05$). Asimismo, se observaron diferencias en el RHC promedio de los lotes, siendo mayor en el lote de verano ($P = 0,03$).

Por otro lado, en este estudio se analizaron el número de CC y el GCM en 29 corderos de dos lotes consecutivos.

4.1. Células calciformes (CC)

El sumatorio de CC en las hembras para cada tratamiento fue 315,4, 237,7 y 267,7 \pm 60,6 en el íleon y 251,2, 173,4 y 147,2 \pm 26,8 en el yeyuno. Por otro lado, en el caso de los machos fue 252,7, 222,1 y 296,7 \pm 43,7 en el íleon y 179,5, 156,3 y 187,2 \pm 60,1 en el yeyuno para los tratamientos T0, T15 y T30, respectivamente.

En la **Figura 9** representa el número de CC en el yeyuno en el caso de las hembras según el tratamiento. En él se puede observar que las corderas que han sido alimentadas con algarrobo (T15 y T30) presentaron un menor número de CC en yeyuno que T0 ($P < 0,05$). Además, las corderas del lote invierno mostraron un menor número de CC en yeyuno que en el lote verano ($P < 0,05$). No obstante, en el caso de los machos no se observaron estas diferencias ($P > 0,05$) en ninguna de las dietas aplicadas ni en los diferentes lotes.

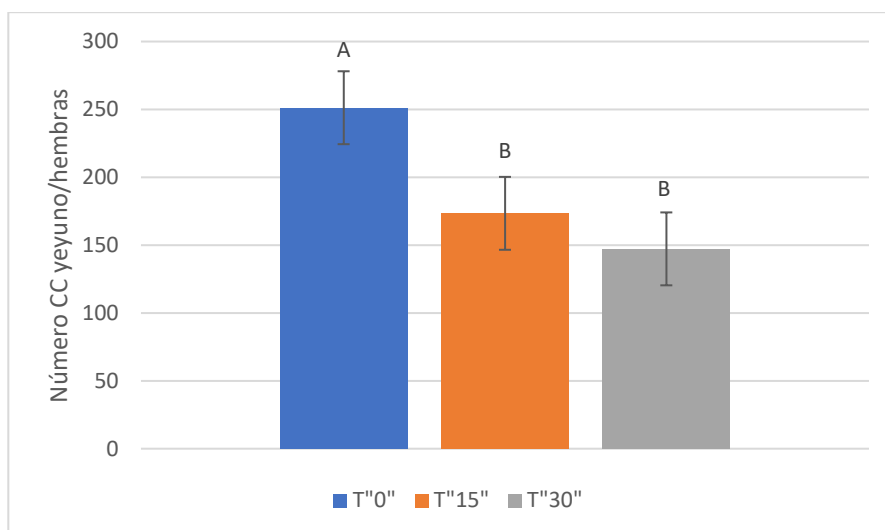


Figura 9. Recuento de células caliciformes en el yeyuno de las hembras según el tratamiento aplicado, sin algarrobo (T0), con un 15 % de algarrobo (T15) y con un 30 % de algarrobo (T30). Los valores con diferentes letras (A, B) difieren significativamente ($p < 0,05$) entre los diferentes tratamientos.

4.2. Grosor de la capa muscular (GCM)

Por un lado, el GCM de las hembras fue $387,7, 193$ y $228,1 \pm 17,5$ en el íleon y $281, 179,5$ y $258,2 \pm 20,5$ en el yeyuno. Por otro lado, en el caso de los machos fue $197,4, 202,4$ y $214,7 \pm 12,1$ en el íleon y $204,6, 202,5$ y $178,2 \pm 12,3$ en el yeyuno para los tratamientos T0, T15 y T30, respectivamente.

En la **Figura 10** muestra los resultados respecto al GCM, la media en las corderas del T0 fue superior en el yeyuno respecto al T15 ($P < 0,05$).

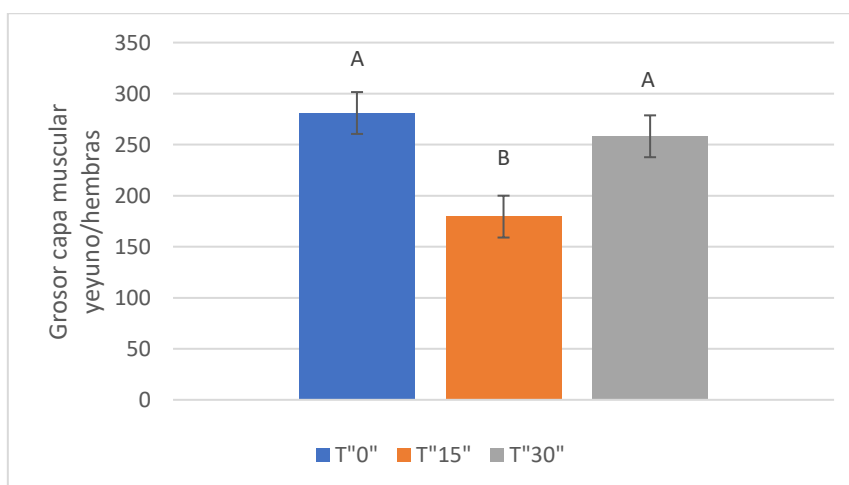


Figura 10. Grosor de la capa muscular en el yeyuno de las hembras según el tratamiento aplicado, sin algarrobo (T0), con un 15 % de algarrobo (T15) y con un 30 % de algarrobo (T30). Los valores con diferentes letras (A, B) difieren significativamente ($p < 0,05$) entre los diferentes tratamientos.

Por otro lado, en la **Figura 11**, podemos observar que el GCM del íleon es notablemente superior en el caso de T0 en comparación con los otros dos tratamientos ($P < 0,05$). No obstante, en el caso de los machos no se observaron estas diferencias en ninguno de los tramos intestinales nombrados anteriormente ($P > 0,05$).

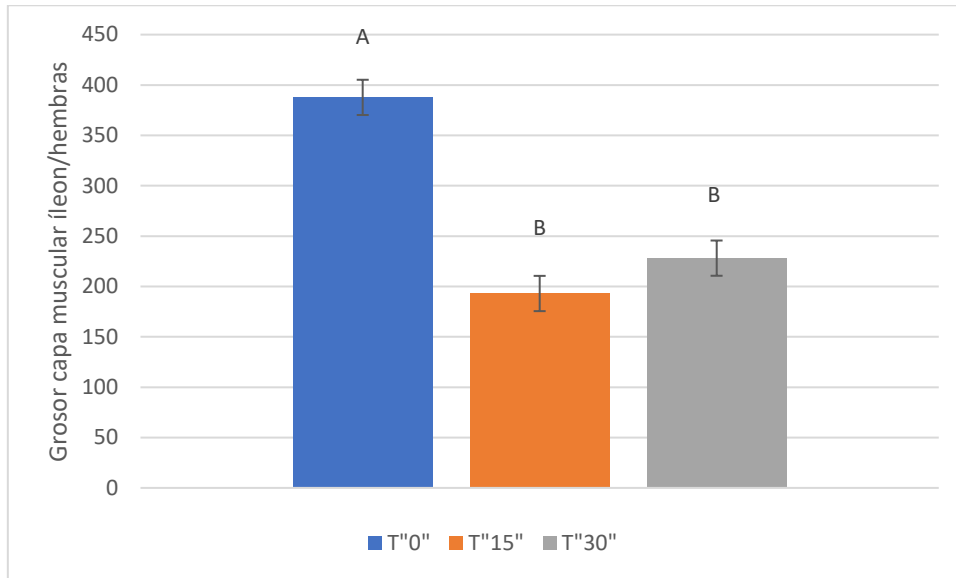


Figura 11. Grosor de la capa muscular en el íleon de las hembras según el tratamiento aplicado, sin algarrobo (T0), con un 15 % de algarrobo (T15) y con un 30 % de algarrobo (T30). Los valores con diferentes letras (A, B) difieren significativamente ($p < 0,05$) entre los diferentes tratamientos.

Sin embargo, el GCM del íleon fue superior en el T0 del lote verano tanto en corderos como en corderas, siendo T15 del lote invierno los que presentaron menor grosor ($P < 0,05$).

Por último, no se observó correlación entre el número de CC y el GCM en corderos ($P > 0,05$). En cambio, las corderas mostraron una correlación positiva entre el número de CC y el GCM en íleon y yeyuno ($r = 0,63$ y $r = 0,53$; respectivamente, $P < 0,05$).

5. DISCUSIÓN

Este estudio se diseñó con la finalidad de poder analizar los efectos de la introducción de algarrobo en la dieta, en relación a las células caliciformes en yeyuno e íleon en corderos de engorde, sobre el número de las células caliciformes y el grosor de la capa muscular del yeyuno e íleon.

Los resultados de dicho estudio muestran, que, si a la alimentación de los corderos se le añaden diferentes cantidades de algarrobo, este tiene un efecto tanto sobre el número de células caliciformes como en el grosor de la capa muscular.

En primer lugar, la adición de algarrobo en la dieta (15 y 30 %) provoca que se presente un número menor de CC en el yeyuno de las hembras. Pero antes de analizar este dato, hay que tener en cuenta que la cantidad de células caliciformes en las vellosidades intestinales, depende de la infestación de coccidios que tenga el animal, ya que cuanto mayor sea la cantidad de coccidios, mayor será la cantidad de células caliciformes y de mucina (*Lake et al. 1980; Mowat y Parrot 1983; Ishikawa et al. 1993*). Por lo que, las dietas que incluyen algarrobo en su composición podrían provocar una disminución de la carga parasitaria (*Vasta y Luciano, 2011*), haciendo así que haya una menor reacción antiinflamatoria y, por lo tanto, un menor número de células caliciformes. No obstante, en los machos no se observaron estas diferencias entre las diferentes cantidades de algarrobo en la dieta, lo que sugiere una mayor susceptibilidad en los corderos para este tramo de intestino, que estaría asociada a un mayor número de CC y secreción de mucina para intentar contrarrestar el efecto de los coccidios en el tejido como se ha observado en modelos murinos (*Dkhil, 2015*).

Respecto al GCM, el espesor en las corderas con una dieta sin algarrobo fue superior en el yeyuno respecto a la dieta con un 15 % de algarrobo. Esto podría deberse a la acción de los coccidios sobre el intestino, ya que estos pueden hacer que el intestino aparezca congestionado, edematoso, engrosado y con petequias (*Hidalgo y Cordero, 1999; Khodakaram y Mansourian, 2008; Lotze, 1952; Taylor et al., 2003*). Por otro lado, la dieta al contener un 15 % de algarrobo, el cual como se ha visto anteriormente tiene un efecto antiparasitario, podría explicar una disminución en la carga de coccidios, haciendo así que el grosor sea menor. Teniendo esto en cuenta, en el caso de los animales alimentados sin algarrobo, tanto el grosor de la capa muscular, como la infestación de

coccidios será mayor.

Por otro lado, en el caso del GCM del íleon fue superior en los animales del lote de verano que fueron alimentados con dietas sin algarrobo que en los procedentes del lote del invierno con un 15 %. Esto podría deberse a un deterioro de las condiciones higiénicas asociado al verano (*Keeton y Navarre, 2017*), por lo que podría haber una mayor infestación de coccidios; todo ello sumado a que la dieta administrada no llevaba algarrobo, podría explicar un mayor grosor en la capa muscular por la infestación de dichos parásitos.

En cuanto a la correlación entre el número de CC y el GCM en corderos machos, no hubo ningún tipo de correlación entre ellos. En cambio, en las corderas, sí que se pudo ver una correlación positiva entre estos dos parámetros citados anteriormente en el íleon y en el yeyuno. Todo esto podría sugerir que hay diferentes mecanismo morfológicos y fisiológicos que están ligados al sexo, y que, además, podrían determinar la susceptibilidad frente a la coccidios (*Khodakaram-Tafti y Hashemnia, 2017*). Sin embargo, según *Bhat et al., (2012)*, serían los machos los que tendrían una mayor susceptibilidad a una infección de coccidios, la cual se podría atribuir a una inmunosupresión debida a los niveles plasmáticos elevados de andrógenos durante la temporada de reproducción.

Por otro lado, se ha visto que la inclusión de algarrobo en dichos corderos para mejorar el estado sanitario ha tenido unos efectos positivos, por lo que se podría ver con qué otros ingredientes se podría mejorar aún más dicho estado, sin afectar a parámetros productivos. Sin embargo, es cierto que dicho estudio no nos permite saber cuál es el efecto exacto entre la inclusión entre 15 y 30 % de algarrobo.

En el caso del promedio del recuento de huevos de coccidios de los dos lotes se observaron diferencias, siendo mayor el lote de verano que el de invierno. Esto podría estar asociado a unas peores condiciones higiénicas de las ganaderías en esta época (*Keeton y Navarre, 2017*), por lo que supone una condición favorable al desarrollo de enfermedades digestivas como serían los coccidios (*Hindson, 2002*). También se podría plantear la hipótesis de que la fecha de nacimiento de los corderos coincidiera con el final de parición, haciendo así que los últimos corderos nacidos tuvieran una vitalidad menor

(*Ferrer et al., 2007*). Asimismo, se vio que los animales alimentados con un 30 % de algarrobo en la dieta tuvieron un menor número de huevos de coccidios, viéndose así un efecto positivo de la adicción de algarrobo en la dieta. Aunque tal y como recomiendan *Heuzé et al., (2016)*; *Obeidat et al., (2011)* y *Gobindram, (2015)*, su valor máximo debería ser 25%, ya que se podrían observar efectos negativos en los animales. No obstante, en este estudio no se observaron efectos negativos en los corderos aun con un 30% de algarrobo en la dieta.

Por último, en otro estudio se ha demostrado que la inclusión de algarrobo en la dieta a niveles elevados (30%), no ha afectado a los parámetros de color en la carne en comparación con animales alimentados con pienso comercial (*Bottegal et al., 2021*). Por otro lado, según *Pelegri et al., (2021)* se ha podido ver que el algarrobo y los taninos condensados incluidos en la dieta en corderos de cebo, adaptan la conducta de alimentación y favorecen un mayor confort social. Asimismo, se ha demostrado que aun reduciendo un 2 % la proteína bruta y añadiendo hasta un 15 % de algarrobo en la dieta de los corderos de cebo, no se altera el margen bruto después de cubrir los costes de alimentación (*Pelegri et al., 2021*).

6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este estudio junto con los objetivos establecidos al inicio del mismo, llegamos a las siguientes conclusiones:

En el caso de los corderos machos que fueron alimentados con los tres tipos de dietas con las diferentes cantidades de algarrobo, no se observaron diferencias en el número de CC ni en el GCM. Sin embargo, en el caso del yeyuno de las corderas hembras que fueron alimentadas con un 15 % de algarrobo en la dieta sí que se pudo observar un menor número de CC y un menor GCM, lo que nos podría sugerir que hay una susceptibilidad distinta ligada al sexo frente a los coccidios.

Por otro lado, en el íleon de los corderos tanto hembras como machos no se observaron diferencias entre ellos en relación al número de CC ni al GCM, esto podría sugerir una susceptibilidad ligada a la anatomía digestiva de los corderos, teniendo un mayor efecto el algarrobo en el yeyuno que en el íleon.

Por lo tanto, se ha podido ver que la inclusión de algarrobo en la dieta tiene unos efectos positivos en relación a una menor infestación de coccidios en los corderos hembras, pudiéndose ver gracias a un menor número de CC y un menor GCM.

Con finalidad de poder recoger una mayor cantidad de datos, con mayor precisión y así obtener unos valores significativos para cada tratamiento, se recomienda la elaboración de más estudios de este tipo.

7. BIBLIOGRAFÍA

Agricultura, Pesca y Alimentación. Available at:
https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/indicadoreseconomicosdelsectorovinoycaprino_carne_tcm30-5114962019_tcm30-511496.pdf

Patra, A. K., & Saxena, J. (2011). Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(1), 24-37.

Bacha, W., & Bacha, L. (2001). *Atlas color de histología veterinaria* (2nd ed., pp. 137-152). Buenos Aires: Inter-médica.

Bangoura, B., & Bardsley, K. D. (2020). Ruminant coccidiosis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 36(1), 187-203.

Battle, I. & J. Tous (1997). Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Gatersleben / International Plant Genetic Resources Intitute. Rome, Italy.

Bhat, S., Mir, M., Qadir, S., Allaie, I. M., Khan, H. M., Husain, I., & Sheikh, B. A. (2012). Prevalence of gastro-intestinal parasitic infections in Sheep of Kashmir valley of India. *Vet World*, 5(11), 667-671.

Bottegal, D., Pelegrín Valls, J., Lobón Ascaso, S., Latorre Górriz, M. A., & Alvarez Rodríguez, J. (2021). ¿Afecta la inclusión de algarroba sobre los atributos de color de la carne de cordero y su vida útil?

Carrau, T., Silva, L. M. R., Pérez, D., Failing, K., Martínez-Carrasco, C., Macías, J., ... & de Ybáñez, R. R. (2018). Associated risk factors influencing ovine *Eimeria* infections in southern Spain. *Veterinary parasitology*, 263, 54-58.

Chapman, H. D. (1978). Studies on the excystation of different species of *Eimeria*

in vitro. *Zeitschrift für Parasitenkunde*, 56(2), 115-121.

Chartier, C., & Paraud, C. (2012). Coccidiosis due to *Eimeria* in sheep and goats, a review. *Small Ruminant Research*, 103(1), 84-92.

Court, J., Hides, S. i Webb-Ware, J. (2010). Sheep farming for meat and wool. CSIRO, Australia: pp: 61-112

Cunningham, J. G., & Klein, B. G. (2014). Cunningham fisiología veterinaria/Fisiología veterinariaCunningham's textbook of veterinary physiology.

Custódio, L., Escapa, A. L., Fernandes, E., Fajardo, A., Aligué, R., Alberício, F., ... & Romano, A. (2011). Phytochemical profile, antioxidant and cytotoxic activities of the carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) germ flour extracts. *Plant foods for human nutrition*, 66(1), 78-84.

Dendrickson J. *Coccidia lifecycle j prevention and treatment of coccidiosis*. Corid. <http://www.corid.com/Coccidia.html>.

Díaz, R., Galindo, J., Bocourt, R., Laurencio, M., & Pérez, M. (2008). Los microorganismos del rumen y su papel en la fisiología digestiva del rumiante. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Facultad de agronomía; Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba, 25.

Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios., 2020. “EL SECTOR OVINO Y CAPRINO DE CARNE EN CIFRAS: Principales Indicadores Económicos. Madrid.

https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/estadisticas/indicadoreseconomicosovinoycaprinodeleche2020_tcm30-553590.pdf

Dkhil, M. A., Al-Quraishy, S., & Wahab, R. (2015). Anticoccidial and antioxidant activities of zinc oxide nanoparticles on *Eimeria papillata*-induced infection in the jejunum. *International journal of nanomedicine*, 10, 1961–1968.

Domínguez, I. (2015). Fisiopatología de la coccidiosis y la enteritis bacteriana. Avinews.

Eurell, J. A. (2004). Veterinay histology (Vol. 2). Teton NewMedia.

Eurell, J., & Frappier, B. (2006). Textbook of veterinary histology. Oxford: Blackwell Pub.

FAOSTAT. (2019). <http://www.fao.org/faostat/es/#home>

FEDNA, 2010. Necesidades nutricionales para rumiantes de cebo. Normas FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid. 540 pp.

Fernández-Carrión, E., Ivorra, B., Ramos, Á. M., Martínez-Lopez, B., Aguilar-Vega, C., & Sánchez-Vizcaíno, J. M. (2018). An advection-deposition-survival model to assess the risk of introduction of vector-borne diseases through the wind: Application to bluetongue outbreaks in Spain. PloS one, 13(3), e0194573.

Foreyt, W. J. (1990). Coccidiosis and cryptosporidiosis in sheep and goats. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 6(3), 655-670.

France génétique Elevage - Romane. (2015). <http://es.france-genetique-elevage.org/Romane,299.html>

Frandsen, R., Wilke, W., & Fails, A. (2009). Anatomy and Physiology of Farm Animals (7th ed.).

García Tobar J. (1969). Anatomía y fisiología del aparato digestivo de los rumiantes. Sitio Argentino de Producción Animal. Conferencia en Dpto. Zootecnia, Fac. Agr. y Vet. UBA

Gil, M. (2020). Criptas de Lieberkühn: histología, ubicación, función. Lifeder. Recuperado de <https://www.lifeder.com/criptas-de-lieberkuhn/>.

Guillén, A., Ferrer - Gallego, P. P., Serena, V., & Peris, J. B. (2018). El Algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.), importancia paisajística, económica y perspectivas de futuro. *Chronica naturae*, (7), 45-54.

Heuzé, V., Tran, G., Sauvant, D., Lessire, M., Lebas, F., (2016). Carob (*Ceratonia siliqua*). Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <http://www.feedipedia.org/node/320>

Hidalgo, M.R., Cordero, M., (1999). Parasitosis del aparato digestivo. In Cordero del Campillo, M. and Rojo-Vázquez, F.A. (Ed.), *Parasitología Veterinaria*. McGraw-Hill, Madrid, 195–212.

Hoang, V. C., Williams, M. A. K., & Simpson, H. V. (2010). Effects of weaning and infection with *Teladorsagia circumcincta* on mucin carbohydrate profiles of early weaned lambs. *Veterinary parasitology*, 171(3-4), 354-360.

Hoste, H., Gaillard, L., & Le Frileux, Y. (2005). Consequences of the regular distribution of sainfoin hay on gastrointestinal parasitism with nematodes and milk production in dairy goats. *Small Ruminant Research*, 59(2-3), 265-271.

Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T., & Wang, Y. (2018). Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4(2), 137-150.

Hurtado, M. A., Píriz, S., Valle, J., Jimenez, R., & Vadillo, S. (1998). Aetiology of ovine footrot in Spain. *Veterinary record*, 142(3), 60-63.

Informe del Sistema Integral Trazabilidad Animal (SITRAN) 2020. Gobierno de España.

Ishikawa N, Horii Y, Nawa Y (1993) Immune-mediated alteration of the terminal sugars of goblet cell mucins in the small intestine of *Nippostrongylus brasiliensis*-infected rats. *Immunology* 78:303– 307

Eurell, Jo Ann C. (2004). *Veterinary histology*. New Media Jackson: Wyomig, 56-59.

Jolley, W. R., & Bardsley, K. D. (2006). Ruminant coccidiosis. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 22(3), 613-621.

Keeton, S. T. N., & Navarre, C. B. (2017). Coccidiosis in large and small ruminants. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 34(1), 201-208.

Keeton, S. T. N., & Navarre, C. B. (2018). Coccidiosis in Large and Small Ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 34(1), 201–208.

Khodakaram Tafti, A., & Mansourian, M. (2008). Pathologic lesions of naturally occurring coccidiosis in sheep and goats. *Comparative Clinical Pathology*, 17(2), 87–91.

Khodakaram-Tafti, A., & Hashemnia, M. (2017). An overview of intestinal coccidiosis in sheep and goats. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 167(1-2), 9-20.

Kowalik, S., & Zahner, H. (1999). *Eimeria separata*: method for the excystation of sporozoites. *Parasitology research*, 85(6), 496-499.

Lake AM, Bloch KJ, Sinclair KJ, Walker WA (1980) Anaphylactic release of intestinal goblet cell mucus. *Immunology* 39:173–178

Linh, B. K., Hayashi, T., & Horii, Y. (2008). *Eimeria vermiformis* infection reduces goblet cells by multiplication in the crypt cells of the small intestine of C57BL/6 mice. *Parasitology research*, 104(4), 789-794.

Lobón, S., Álvarez Rodríguez, J., Blanco Alibés, M., Sanz Pascua, A., & Joy, M. (2018). Interés de la inclusión de taninos condensados en la alimentación del ovino de carne. *Albéitar*, 2018, 221 (Diciembre), 22-23.

Lotze, J.C. (1952). The pathogenicity of the coccidian parasite, *Eimeria arloingi*, in domestic sheep. *The Cornell Veterinarian*, 42(4), 510-517.

Makkar H.P.S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research* 49:241-256.

Márquez, D., & Suárez, Á. (2008). El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. *Revista de Medicina Veterinaria*, 1(16), 87-109.

Megías M, Molist P y Pombal MA. (2019) Atlas of plant and animal histology. Retrieved (date) from: <http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>

Minguijón, E., Reina, R., Pérez, M., Polledo, L., Villoria, M., Ramírez, H., Leginagoikoa I., Badiola J.J., García-Marín J.F., de Andrés D., Luján L., Amorena B. & Juste, R. A. (2015). Small ruminant lentivirus infections and diseases. *Veterinary Microbiology*, 181(1-2), 75-89.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, (Mapama) (2020). Informe del Sistema Integral Trazabilidad Animal (SITRAN). Gobierno de España. <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/trazabilidadanimal/registro/default.aspx>.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2012). Madrid 2012. Análisis de la evolución del sector ovino español. Impacto de los regímenes de ayudas y estrategias a impulsar (2006 hasta 2012). Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios, Subdirección General de Productos Ganaderos. https://www.mapa.gob.es/eu/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/An%C3%A1lisis%20de%20la%20evoluci%C3%B3n%20del%20sector%20ovino%20espa%C3%B1ol_tcm35-58889.pdf

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2012). Análisis de la evolución del sector ovino español. Impacto de los regímenes de ayudas y estrategias a impulsar (2006-2012). https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/An%C3%A1lisis%20de%20la%20evoluci%C3%B3n%20del%20sector%20ovino%20espa%C3%B1ol_tcm35-58889.pdf

[ovino%20espa%C3%B1ol_tcm30-58889.pdf](#)

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Pesca, (Magrama) 2020.
<https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercadosganaderos/sectores-ganaderos/ovino-caprino/default.aspx>

Ministerio de agricultura, pesca y alimentación (2021).
https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/indicadoreseconomicosdelsectorovinoycaprino_carne_tcm30-5114962019_tcm30-511496.pdf

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2019). Caracterización del sector ovino y caprino en España Año 2019.
https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/caracterizacionovinoycaprinodatos2019_tcm30-559655.pdf

Mowat, A.M., Parrot, D.M. (1983). Immunological responses to fed protein antigens in mice. IV. Effects of stimulating the reticuloendothelial system on oral tolerance and intestinal immunity to ovalbumin. *Immunology* 50:547–554

Mueller-Harvey, I. (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2010-2037.

Gobindram, M. N. E., Bognanno, M., Luciano, G., Lanza, M., & Biondi, L. (2015). Carob pulp inclusion in lamb diets: effect on intake, performance, feeding behaviour and blood metabolites. *Animal Production Science*, 56(5), 850-858.

Obeidat, B. S., Alrababah, M. A., Abdullah, A. Y., Alhamad, M. N., Gharaibeh, M. A., Rababah, T. M., & Ishmais, M. A. (2011). Growth performance and carcass characteristics of Awassi lambs fed diets containing carob pods (*Ceratonia siliqua* L.). *Small Ruminant Research*, 96(2-3), 149-154.

Pardos, H.J. (2020). Nivel de inclusión de algarroba en pienso para corderos de engorde: comportamiento animal y efecto coccidioestático. Trabajo final de grado.

Parés i Casanova, P. M. y Jordana i Vidal, J. (2007). La oveja "Roja Rossellonense": una aportación a su caracterización biométrica. Pequeños rumiantes, 8(3), 37-41. <https://seoc.eu/wp-content/uploads/2016/06/pRv8n3oct07.pdf>

Pelegrin-Valls, J., Serrano-Pérez, B., Martín-Alonso, M.J. y Álvarez-Rodríguez, J. (2021). Inclusión de algarrobo en la dieta del cordero y sus efectos sobre el comportamiento ¿hasta dónde podemos llegar? AIDA, XIX Jornadas sobre Producción Animal, 253

Pelegrin-Valls, J., Serrano-Pérez, B., Villalba, D., Molina, E. y Álvarez-Rodríguez, J. (2021). Evaluación económica de la reducción de proteína bruta e inclusión de algarrobo en los piensos de cebo del cordero ligero. AIDA, XIX Jornadas sobre Producción Animal, 32

Piluzza, G., Sulas, L., & Bullitta, S. (2014). Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability: a review. Grass and Forage Science, 69(1), 32-48.

Piñero-Vázquez A.T., Canul-Solís J.R., Alayón-Gamboa J.A., Chay-Canul A.J., Ayala-Burgos A.J., Aguilar-Pérez C.F., Solorio-Sánchez F.J. and Ku-Vera J.C. (2015). Potential of condensed tannins for the reduction of emissions of enteric methane and their effect on ruminant productivity. Archivos de Medicina Veterinaria, 47(3), 263-272.

Platzer, B., Prosl, H., Cieslicki, M. y Joachim, A., (2005). Epidemiology of Eimeria infections in an Austrian milking sheep flock and control with diclazuril. Vet. Parasitol. 129, 1–9.

Registro: Sistema Integral de Trazabilidad Animal (SITRAN). (2021). <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/trazabilidad-animal/registro/default.aspx>

Reina, D., Alcaide, M., Bravo, D., y Habela, M. Á. (2011). La coccidiosis en ganado ovino. Sus posibilidades de control. Ganadería, (76), 48-52.

Ríos-de Álvarez, L., Jackson, F., Greer, A., Bartley, Y., Bartley, D. J., Grant, G., & Huntley, J. F. (2012). In vitro screening of plant lectins and tropical plant extracts for anthelmintic properties. *Veterinary Parasitology*, 186(3-4), 390-398.

Rojas, D. K., López, J., Tejada, I., Vázquez, V., Shimada, A., Sánchez, D., & Ibarra, F. (2006). Impact of condensed tannins from tropical forages on *Haemonchus contortus* burdens in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*) and Pelibuey lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 128(3-4), 218-228.

Rojo, C. y González, M. E. (2013). Anatomía Veterinaria. 10. Estómago de los rumiantes. Anatomías externa e interna. Surco gástrico. Posición y relaciones anatómicas. Fijaciones. RE. 5 (2): 28–42.

Rossanigo, C. E (2007). Parasitosis de las cabras. Enfermedades parasitarias de los ovinos y otros rumiantes menores en el cono sur de América. En. Suárez V. H., Olaechea F. V., Rossanigo C.E. & Romero, J. R. (Eds.) Enfermedades parasitarias de los ovinos y otros rumiantes menores en el cono sur de América. Publicación técnica N° 70 EEA Anguil, INTA, pp. 247-270.

Saratsis, A., Joachim, A., Alexandros, S., & Sotiraki, S. (2011). Lamb coccidiosis dynamics in different dairy production systems. *Veterinary Parasitology*, 181(2-4), 131-138.

Saratsis, A., Voutzourakis, N., Theodosiou, T., Stefanakis, A., & Sotiraki, S. (2016). The effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) and carob pods (*Ceratonia siliqua*) feeding regimes on the control of lamb coccidiosis. *Parasitology research*, 115(6), 2233-2242.

Schoenian S. (2016) Coccidiosis: deadly scourge of lambs and kids. Maryland small ruminant page. Available at: <http://www.sheepandgoat.com/coccidiosis>.

Soulsby E.J.L (1982). Helminths, arthropods and protozoa of domesticated animals. 7th edition. London: Baillière Tindall.

Subdirección general de producciones ganaderas y cinegéticas dirección general de producciones y mercados agrarios. (2020). Efectos del COVID 19 en el ovino y caprino de carne. https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/2020panelovinocovidcarne_tcm30-550208.pdf

Taylor MA, Coop RL y Wall RL (2016). Veterinary parasitology. 4th edition. Ames (IA): Wiley Blackwell.

Taylor, M.A., Catchpole, J., Marshall, J., Marshall, R.N. y Hoeben, D. (2003) Histopathological observations on the activity of diclazuril (Vecoxan) against the endogenous stages of *Eimeria crandallis* in sheep. *Vet. Parasitol.* 116, 305–314.

Toral, P.G., Hervás, G., Bichi, E., Belenguer, A. & Frutos, P. (2011). Tannins as fed additives to modulate ruminal biohydrogenation: effects on animal performance, milk fatty acid composition and ruminal fermentation in dairy ewes fed a diet containing sunflower oil. *Anim. Feed Sci. Technol.* 164, 199–206.

Vasta, V., & Luciano, G. (2011). The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Research*, 101(1-3), 150-159.

Wang, Y.; Douglas, G. B.; Waghorn, G. C.; Barry, T. N.; Foote, A. G.; Purchas, R. W., (1996). Effect of condensed tannins upon the performance of lambs grazing *Lotus corniculatus* and lucerne (*Medicago sativa*). *J. Agric. Sci.*, 126 (1): 87-98