

# Leguminosas bioactivas para mejorar el perfil lipídico de la CARNE DE CORDERO

**Por: P. G. Toral, G. Hervás, P. Frutos**

*Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE), Grulleros, León*

**L. Campidónico, B. Valenti, A. Priolo**

*Universidad de Catania, Italia*

**G. Luciano**

*Universidad de Perugia, Italia*

**G. Copani, C. Ginane, V. Niderkorn**

*Centro INRA de Clermont-Ferrand-Theix, Francia*

---

La utilización de leguminosas forrajeras en la dieta de los rumiantes puede ofrecer importantes ventajas. Además de su elevado valor proteico, algunas especies como la esparceta o el trébol rojo, contienen compuestos bioactivos que podrían mejorar la calidad nutricional de la carne. Entre ellos, destacan los taninos en la esparceta y la polifenol oxidasa en el trébol rojo. Ahora bien, la climatología de muchas áreas limita su aprovechamiento en verde.

En este estudio, mostramos que la utilización de la esparceta y el trébol rojo conservados mediante ensilado podría ser una buena alternativa para la alimentación de corderos, al aumentar la concentración de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) en la carne a través de su efecto sobre el metabolismo lipídico ruminal. Aunque el mecanismo de acción de los compuestos bioactivos presentes en estos forrajes probablemente sea distinto, sus efectos sobre el perfil de ácidos grasos de la carne parecen ser similares y aditivos.

---



Los sistemas de producción de rumiantes están experimentando desde hace años cambios profundos en respuesta a una presión económica y social cada vez mayor. Existe por ello un gran interés en el desarrollo de sistemas de explotación menos dependientes del abastecimiento externo de alimentos, más respetuosos con el medioambiente y adaptados a la demanda creciente de productos saludables. En este sentido, y teniendo en cuenta el coste de la principal fuente proteica en la dieta de los rumiantes (es decir, la soja), existe un renovado interés por el cultivo de leguminosas forrajeras en Europa en general y en España en particular (Delgado *et al.*, 2004; Lüscher *et al.*, 2014). Sus beneficios ambientales son conocidos por el papel de las leguminosas en la fijación del nitrógeno en el suelo y, con ello, en la reducción del uso de fertilizantes inorgánicos nitrogenados. Centrándonos directamente en la ganadería, estos forrajes son fuentes ricas en proteína que, además, podrían tener efectos positivos en la nutrición de los rumiantes y en la calidad de sus productos, gracias a sus compuestos bioactivos. Su

utilización en la producción de ovino podría resultar especialmente ventajosa, al ser un sector que presenta tradicionalmente un fuerte vínculo con el territorio en zonas menos favorecidas y cuyos productos se consideran en general de alta calidad.

#### **COMPUESTOS BIOACTIVOS EN LAS LEGUMINOSAS FORRAJERAS**

Los compuestos bioactivos podrían definirse como aquellos que, al interactuar con otros componentes de la dieta o del organismo, permiten reacciones bioquímicas que resultan beneficiosas desde un punto de vista biológico. Entre los identificados en las leguminosas de uso forrajero destacan los taninos y la polifenol oxidasa (PPO). Los taninos constituyen un grupo muy complejo de compuestos fenólicos, conocidos en nutrición de rumiantes especialmente por su elevada afinidad por las proteínas, con las que pueden formar complejos y reducir su degradación ruminal (Frutos *et al.*, 2004). Por su interés en producción animal, también cabe señalar su actividad antioxidante y antihelmíntica. Entre las especies de leguminosas forrajeras

**El uso de leguminosas forrajeras en la producción de ovino podría resultar especialmente ventajosa, al ser un sector que presenta un fuerte vínculo con el territorio en zonas menos favorecidas y cuyos productos se consideran de alta calidad**

ricas en taninos podrían mencionarse, por ejemplo, la zulla (*Hedysarium coronarium*) y el loto corniculado (*Lotus corniculatus*), que contienen cantidades moderadas de taninos condensados y cuyo consumo por el ovino se asocia con mejoras en la producción cárnica y lechera (Terrill *et al.*, 1992; Wang *et al.*, 1996). También se ha sugerido que su uso podría constituir una estrategia para mejorar de forma natural el perfil lipídico de la carne y la leche, elevando la concentración de ácidos grasos (AG) potencialmente beneficiosos para la salud, como el ácido linoleico conjugado (CLA) y otros poliinsaturados (Vasta y Luciano, 2011). Sin embargo, existe muy poca información disponible respecto a la esparceta (*Onobrychis viciifolia*), de la que podría destacarse su rusticidad y su tolerancia a los climas fríos y suelos pobres, así como a la sequía. Además, persiste el desconocimiento sobre los mecanismos concretos mediante los cuales los taninos ejercerían sus efectos sobre el metabolismo lipídico, si bien todo apunta a cambios en la microbiota del rumen (Vasta y Luciano, 2011; Carreño *et al.*, 2015).

La polifenol oxidasa está presente en numerosas plantas de uso forrajero, pero su actividad es particularmente elevada en el caso del trébol rojo (*Trifolium pratense*). Resulta muy interesante desde el punto de vista de la nutrición de los rumiantes porque cataliza la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas, que se unen a las proteínas y las protegen de la degradación ruminal (Lee, 2014). Así mismo, se han observado aumentos en la concentración de AG poliinsaturados (PUFA) en los productos derivados de rumiantes que consumían trébol rojo, lo que resulta especialmente interesante de cara a aumentar su atractivo para los consumidores preocupados por el carácter saludable de los alimentos. Este efecto de la PPO sobre el metabolismo lipídico también parece mediado por una protección de los AG frente a la acción de los microorganismos ruminales. No obstante, para ejercer sus efectos, la PPO requiere la presencia de oxígeno, de ahí que su actividad en un medio anaerobio como el del rumen sea baja

cuando se consumen forrajes frescos (Lee, 2014). Por ello, el tratamiento que reciben durante el ensilado permite superar dicho problema, siendo además un método de conservación ventajoso en zonas cuya climatología limita el aprovechamiento en verde a periodos de tiempo cortos.

**ENSILADOS DE LEGUMINOSAS BIOACTIVAS Y UTILIZACIÓN EN LA ALIMENTACIÓN DE CORDEROS**

El ensilado es un proceso ampliamente utilizado para la conservación de los forrajes, ya que depende poco de las condiciones climáticas, permite mantener una calidad nutricional relativamente similar a la del vegetal fresco y reduce las pérdidas (p. ej., por la lluvia o por la caída de hojas) en comparación con otros métodos, como el henificado. Sin embargo, aunque las gramíneas son fáciles de ensilar, la conservación de algunas leguminosas forrajeras es delicada, debido a su baja concentración de hidratos de carbono, alto contenido de proteína bruta y elevada capacidad tampón, lo que impide una caída rápida del pH y favorece la proteólisis. En este sentido, es de especial interés el estudio llevado a cabo por Copani *et al.* (2016) en el centro INRA de Clermont-Ferrand (Francia), que sugiere que algunas leguminosas ricas en componentes bioactivos son especialmente aptas para el ensilado. En ese trabajo, Copani *et al.* mostraron que el ensilado de esparceta y trébol

rojo (mezcla 1:1) tenía una mejor calidad nutricional que el de gramíneas (en su caso, fleo; *Phleum pratense*), gracias a su mayor contenido de proteína bruta y menor de fibra neutro detergente (**Tabla 1**). Su conservación se vio favorecida, además, por un valor de pH bajo, como resultado de una acidificación láctica intensa que habría permitido compensar el efecto tampón causado por el alto porcentaje de proteína. Las diferencias en el contenido de nitrógeno soluble reflejarían, por su parte, una menor proteólisis en el ensilado de las leguminosas bioactivas. En un ensayo con corderos en crecimiento, Copani *et al.* (2016) comprobaron que estas mejoras de la calidad del ensilado se asociaban con una mayor ingestión voluntaria en los animales alimentados con este tipo de leguminosas, en comparación con los que recibían la gramínea (de media, +18%). Dado que no hubo diferencias en los índices de conversión, el ensilado de leguminosas forrajeras permitió alcanzar mayores pesos al sacrificio (+9%) y en la canal (+10%; **Tabla 1**).

Estos resultados se explicaron por la presencia de taninos y PPO, ya que la formación de complejos con las proteínas vegetales pudo haber tenido un doble papel positivo sobre la calidad del ensilado, mejorando la fermentación láctica y disminuyendo la degradación de las proteínas en el silo. Ambos mecanismos estarían a su vez interconectados, ya que una rápida caída del pH inhibe la actividad de las enzimas proteolíticas. A esto habría que añadir la disminución de la degradación de las proteínas también en el rumen, lo que contribuiría a explicar estos resultados tan prometedores.

**EFFECTO DE LOS ENSILADOS DE LEGUMINOSAS BIOACTIVAS SOBRE EL METABOLISMO LIPÍDICO EN CORDEROS**

Una vez demostrado que la utilización de ensilado de esparceta y trébol rojo es una buena estrategia nutricional para la producción de ovino de carne, nos planteamos un estudio colaborativo entre los grupos de investigación del INRA francés, las universidades italianas de Catania y Perugia y el Ins-

**Tabla 1.** Características del ensilado de leguminosas (esparceta y trébol rojo, 1:1) en comparación con el de una gramínea sin compuestos bioactivos (fleo; control) y efectos sobre el rendimiento productivo de corderos (fuente: Copani *et al.*, 2016).

	VARIACIÓN RESPECTO AL CONTROL
<b>Características del ensilado</b>	
pH	=
% de proteína bruta	↑ +30%
% de fibra neutro detergente	↓ -27%
Ácido láctico	↑ +86%
Nitrógeno soluble	↓ -31%
<b>Rendimiento productivo</b>	
Ingestión	↑ +18%
Índice de conversión	=
Peso vivo final	↑ +9%
Peso de la canal fría	↑ +10%

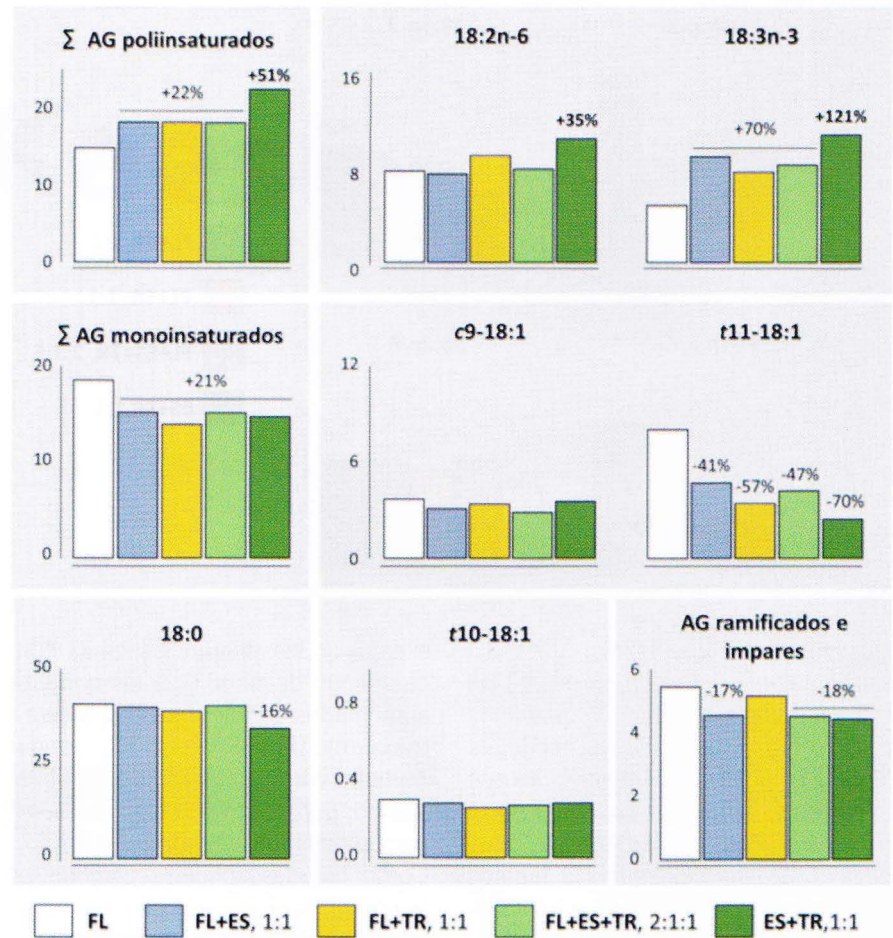
tituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE) de León, dirigido a profundizar en los efectos sobre el metabolismo lipídico en los corderos. Como apuntamos previamente, se ha sugerido que tanto los taninos presentes en la esparceta como la PPO del trébol rojo podrían modificar el metabolismo ruminal de los AG a través de diferentes mecanismos de acción (Vasta y Luciano, 2011; Lee, 2014). Por lo tanto, nuestra hipótesis de partida fue que el uso combinado de ambas leguminosas permitiría inducir mayores efectos sobre el metabolismo lipídico ruminal y, con ello, sobre el perfil de AG de la carne. Para comprobar dicha hipótesis, planteamos este trabajo en el que comparamos los efectos de la alimentación de corderos con ensilados preparados a partir de distintas combinaciones de estas leguminosas, entre ellas o con una gramínea sin componentes bioactivos (fleo), sobre la composición de AG del contenido digestivo del rumen y la carne.

Para ello, utilizamos 40 machos castrados de raza "romane" del rebaño experimental del INRA. Los corderos se distribuyeron en función de su peso vivo en 5 grupos equilibrados de 8 animales cada uno, que asignamos de forma aleatoria a cinco tratamientos experimentales (ensilados): fleo (FL, que actuó como control), fleo y esparceta (FL+ES, 1:1), fleo y trébol rojo (FL+TR, 1:1), fleo, esparceta y trébol rojo (FL+ES+TR, 2:1:1) y esparceta y trébol rojo (ES+TR, 1:1).

El experimento duró 10 semanas y, durante este periodo, los corderos se alojaron en jaulas individuales y recibieron los ensilados experimentales ad libitum. Además, complementamos la ración con una cantidad restringida de grano de cebada (ajustada semanalmente para cubrir las necesidades energéticas de mantenimiento; aprox. una media de 250 g/día) y de paja (como fuente adicional de fibra; aprox. 60 g/día). Los corderos dispusieron en todo momento de agua limpia y de un bloque corrector vitamínico-mineral. Al final del ensayo, los animales se sacrificaron en el matadero y recogimos muestras individuales del contenido del rumen para analizar su perfil de

**Figura 1.**

Concentración de ácidos grasos (AG; % de los AG totales) en el contenido digestivo del rumen de corderos alimentados con los ensilados experimentales a base de fleo (FL, gramínea sin compuestos bioactivos; control), esparceta (ES) y trébol rojo (TR). Los porcentajes de variación indican diferencias significativas respecto al control (P<0,05).



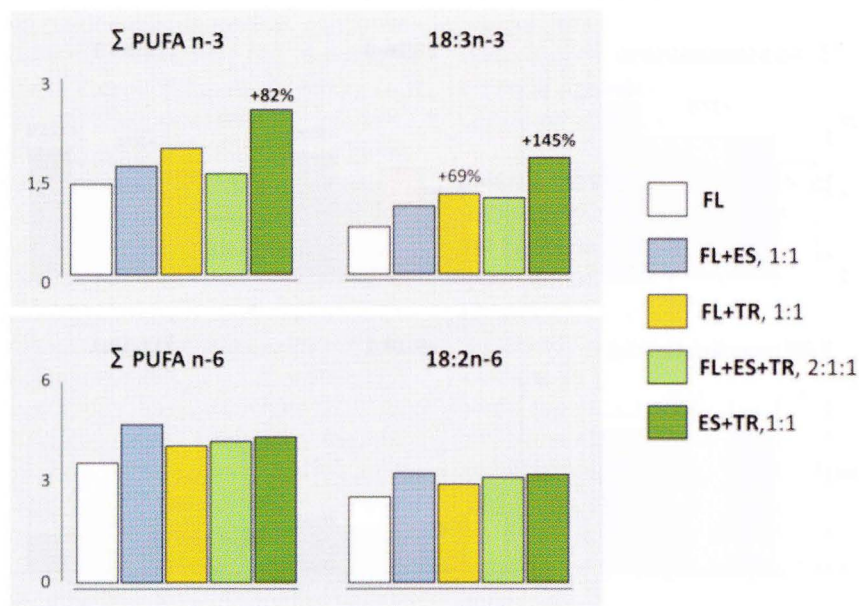
AG mediante cromatografía de gases, lo cual nos permite estudiar el proceso de biohidrogenación ruminal. Las canales se enfriaron a 4°C durante 24 h y, a continuación, tomamos muestras del músculo *longissimus dorsi*, a la altura de la sexta costilla, para examinar su perfil lipídico también mediante cromatografía de gases.

Tal y como se muestra en la **Figura 1**, la alimentación de los corderos con leguminosas modificó el perfil lipídico del contenido digestivo del rumen. Aunque los cinco ensilados tenían una composición de AG similar, observamos aumentos importantes en la concentración de PUFA en los tratamientos con un 50% de leguminosas (+22%), que fueron aún mayores con la combinación de esparceta y trébol rojo (+51%). A la inversa, estos ensilados redujeron el porcentaje de AG monoinsaturados en el rumen, debido a la menor concentración de ácido vaccénico (t11-18:1), un producto intermedio del metabolismo microbiano de los principales PUFA de la dieta (ácidos linoleico-18:2n-6 y linoléico-18:3n-3). No obstante, el contenido de otros isómeros 18:1, como el c9- o el t10-18:1, permaneció invariable. Estos resultados parecen explicarse por una inhibición general del proceso de biohidrogenación en los corderos alimentados con leguminosas, aunque el mecanismo de acción de los compuestos bioactivos presentes en estos forrajes probablemente sea distinto. Así, el efecto de la PPO del trébol rojo podría estar mediado por la protección de los PUFA frente a las enzimas lipasas bacterianas (Lee, 2014), mientras que los taninos actuarían mediante cambios en la estructura y composición de la micro-

biota ruminal. Los taninos actuarían mediante cambios en la estructura y composición de la micro-

**Figura 2.**

Concentración de ácidos grasos poliinsaturados (AG; % de los AG totales) en la carne de corderos alimentados con los ensilados experimentales a base de fleo (FL, gramínea sin compuestos bioactivos; control), esparceta (ES) y trébol rojo (TR). Los porcentajes de variación indican diferencias significativas respecto al control (P<0,05).



biota ruminal (Carreño *et al.*, 2015). La disminución del contenido de AG de cadena impar y ramificada solo en los tratamientos que incluían esparceta (Figura 1) apoya dicha hipótesis, ya que el origen principal de estos AG en el rumen es la síntesis microbiana. También se ha sugerido que los taninos tienen un efecto específico inhibiendo el último paso de la biohidrogenación, es decir, el de la saturación del ácido vaccénico a esteárico (18:0; Vasta y Luciano, 2011). Esto podría contribuir

## A los beneficios de las leguminosas forrajeras sobre el rendimiento productivo de los corderos incluyen aumentos de la concentración de poliinsaturados en la carne, lo que se considera una mejora de la calidad nutricional

a explicar las diferencias en la concentración de t11-18:1 en los corderos alimentados con fleo más esparceta o trébol rojo (FL+ES *vs.* FL+TR), aunque no hubo cambios asociados en el esteárico, que solo varió con la combinación de ambas leguminosas (-16%). Como era deseable, los cambios en la composición de AG del rumen se reflejaron en la carne, principalmente el aumento del porcentaje de PUFA, cuyas implicaciones serían potencialmente positivas para la salud del consumidor (Salter, 2013). Cabe destacar que los efectos de las leguminosas sobre la suma de PUFA fueron aditivos, aunque hubo algunas diferencias entre el contenido digestivo y la carne y entre los PUFA n-6 y n-3 (Figura 2). Así por ejemplo, solo se observaron incrementos en la concentración ruminal de ácido linoleico con la combinación de esparceta y trébol rojo (+35%; Figura 1), mientras que las diferencias numéricas en su porcentaje en la carne no alcanzaron el nivel exigido para ser consideradas estadísticamente significativas. En cambio, los aumentos de ácido linolénico fueron superiores y, por lo general, similares en el contenido digestivo y la carne (hasta un 121 y 145% con el ensilado ES+TR respecto al control; ver Figuras 1 y 2, respecti-

vamente), lo que podría ser debido a la abundancia de 18:3n-3 en el interior de los cloroplastos y el consiguiente mayor grado de protección que en el caso del 18:2n-6. En conjunto, estos cambios disminuyeron la ya baja relación de los AG n-6:n-3 de la carne, un parámetro considerado de interés por su posible relación con la prevención de enfermedades crónicas pero que últimamente se ha cuestionado, ya que varios estudios recientes otorgan mayor relevancia al aumento del contenido total de PUFA que a la modificación de su perfil a la hora de reducir el riesgo de sufrir trastornos cardiovasculares (Salter, 2013). Por último, merece la pena señalar que los compuestos bioactivos presentes en las leguminosas forrajeras no provocaron alteraciones evidentes en las principales rutas de biohidrogenación ruminal, tal y como sugiere la concentración baja y estable de t10-18:1 en el contenido digestivo y en la carne.

### IMPLICACIONES

A los efectos beneficiosos de las leguminosas forrajeras sobre el rendimiento productivo de los corderos se suman aumentos de la concentración de poliinsaturados (PUFA) en la carne, lo que se considera una mejora de la calidad nutricional. Estos cambios parecen explicarse por la acción de sus componentes bioactivos (taninos en la esparceta y polifenol oxidasa -PPO- en el trébol rojo) sobre el metabolismo lipídico en el rumen, los cuales, aunque probablemente estén mediados por diferentes mecanismos, parecen ser similares y aditivos.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto *Legume Plus*, financiado por la Comisión Europea a través de una Red de Formación Inicial Marie Curie (PITN-GA-2011-289377). P.G. Toral disfruta de un contrato Ramón y Cajal, financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

### BIBLIOGRAFÍA

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico: [pablo.toral@csic.es](mailto:pablo.toral@csic.es)

# Ganadería



## Maquinaria para hacer tu granja rentable

### MANEJO E INSTALACIONES

El control de plagas, pieza clave de la sanidad

### DOSSIER

PATOLOGÍA REPRODUCTIVA

# SPACE

2017

PLANETA  
AGROPECUARIO

12-15  
Septiembre

RENNES  
FRANCIA

1.400 expositores,  
11 pabellones y 250 stands en el exterior.

156.000 m<sup>2</sup> de exposición.

100.000 visitantes profesionales,  
12.000 visitantes internacionales.

Visitas a granjas gratuitas.

SPACE:  
LA FERIA CON UNA  
OFERTA COMPLETA PARA  
TODOS LOS SECTORES:  
AVÍCULO, PORCINO,  
VACUNO (LECHE-  
CARNE), OVINO Y  
CUNÍCULO.

VISITANTES INTERNACIONALES. Pre-regístrate en: [WWW.SPACE.FR](http://WWW.SPACE.FR)

[www.space.fr](http://www.space.fr)

@SPACEReims  
#SPACE2017

international@space.fr / Tel. +33 223 48 28 80

LA FERIA INTERNACIONAL DE LAS PRODUCCIONES ANIMALES