

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL**

**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO
RURAL**

**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN EN
LA DIETA DE ORUJO GRASO DE
ACEITUNA SOBRE EL RENDIMIENTO
LECHERO EN GANADO CAPRINO**

TRABAJO FINAL DE GRADO

ALEJANDRO RABASA EDO

DIRECTOR ACADÉMICO:

CARLOS JAVIER FERNÁNDEZ MARTÍNEZ

CURSO 2016-2017

VALENCIA, ENERO DE 2017

Título: Efecto de la incorporación en la dieta de orujo graso de aceituna sobre el rendimiento lechero en ganado caprino.

Resumen

La alimentación supone un coste muy elevado en las explotaciones de ganado caprino en condiciones intensivas. El empleo de subproductos permite aumentar la disponibilidad de fuentes de alimentos y reducir costes.

En el presente trabajo se utilizaron 14 cabras hembras lactantes de raza Murciano-Granadina de la Granja Experimental del Departamento de Ciencia animal de la Universitat Politècnica de València, con un peso medio de $38,45 \pm 0,75$ kg. Se separaron en dos grupos homogéneos en cuanto a producción y peso y a cada grupo se le suministró una dieta diferente, el grupo Control con un pienso compuesto con mayor proporción de cebada y el grupo Orujo con un pienso al que se incorporó orujo graso de aceituna. Para ambos grupos el forraje fue alfalfa granulada. La proporción forraje:concentrado fue de 40:60.

Las pruebas realizadas permitieron estudiar el efecto de la incorporación en la ración de cabras lecheras del orujo graso de aceituna sobre la ingestión, la digestibilidad, el balance energético, el rendimiento lechero y la producción de metano. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente para observar con claridad las posibles diferencias significativas que pudieran existir entre los efectos estudiados de cada una de las dietas.

En cuanto a la ingestión de materia seca, fue baja para ambas dietas sin resultar estadísticamente significativa. Debido a esta baja ingestión, las cabras de ambos grupos movilizaron reservas corporales para mantener el rendimiento lechero, en el que no se observaron prácticamente diferencias. La digestibilidad fue superior en la dieta control, debido al mayor consumo de pienso por parte de los animales de este grupo. Se observaron diferencias para los gramos de metano producidos al día, resultando así por el mayor consumo de fibra por parte de los animales del grupo Orujo.

A nivel experimental, es esencial cuantificar el consumo o rechazo del ingrediente problema, del que habría que mejorar los aspectos relacionados con la apetecibilidad, así como controlar la calidad de la grasa que contiene y su estado de conservación para evitar que se enrancie.

Palabras clave: orujo, aceituna, dietas, cabras, leche, digestibilidad, nutrición.

Alumno:

Alejandro Rabasa Edo

Director académico:

Carlos Javier Fernández Martínez

Valencia, enero de 2017

Title: Effect of the incorporation in the diet of olive pomace on the milk yield in goats.

Abstract

Feeding is a very high cost for goat farms under intensive conditions. The use of by-products increases the availability of food sources and reduces costs.

In the present work, 14 lactating female goats from the Murciano-Granadina race of the Experimental Farm of the Department of Animal Science of the Universitat Politècnica de València were used, with an average weight of 38.45 ± 0.75 kg. They were separated into two homogeneous groups in terms of production and weight and each group was given a different diet, the Control group with a compound feed with a higher proportion of barley and the Orujo group with a feed containing olive oil. For both groups the forage was granulated alfalfa. The forage: concentrate ratio was 40:60.

The tests allowed the study of the effect of the incorporation in the diet of dairy goats of olive pomace on ingestion, digestibility, energy balance, milk yield and methane production. The data obtained were statistically analyzed to clearly observe the possible significant differences that might exist between the studied effects of each of the diets.

As for the dry matter intake, it was low for both diets without being statistically significant. Due to this low ingestion, the goats of both groups mobilized body reserves to maintain milk yield, in which practically no differences were observed. The digestibility was higher in the Control diet, due to the higher consumption of feed by the animals of this group. Differences were observed for the grams of methane produced per day, resulting in the higher consumption of fiber by the animals of the Orujo group.

At the experimental level, it is essential to quantify the consumption or rejection of the problem ingredient, which would have to improve the aspects related to appetite, as well as to control the quality of the fat contained in it and its state of conservation to avoid it becomes rancid.

Key words: olive pomace, diets, goats, milk, digestibility, nutrition.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1.-GANADO CAPRINO. RAZA MURCIANO-GRANADINA.	1
1.2.-ORUJO GRASO DE ACEITUNA.	2
2. OBJETIVO.	4
3. MATERIAL Y MÉTODOS.	4
3.1.-LOCALIZACIÓN.	4
3.2.-SELECCIÓN DE ANIMALES.	5
3.3.-INSTALACIONES.	5
3.4.-DIETAS.	6
3.5.-PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.	7
3.6.-ANÁLISIS QUÍMICOS.	9
3.7.-CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE DATOS.	10
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	11
5. CONCLUSIONES.	17
6. BIBLIOGRAFÍA.	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ingredientes y composición química de las materias primas y los piensos.	7
Tabla 2. PV, Ingestión y Coeficientes de digestibilidad aparente (%).	11
Tabla 3. Balance energético de las dietas (KJ/Kg PV ^{0,75}).	13
Tabla 4. Parámetros del rumen, pH, nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles del rumen (mmol/l).	14
Tabla 5. Producción (kg/día) y composición de la leche (%MS).	15
Tabla 6. Indicadores de producción de metano.	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hembra de cabra Murciano-Granadina.	2
Figura 2. Izquierda: parques móviles de la granja de pequeños rumiantes. Derecha: sala de ordeño.	5
Figura 3. Izquierda: urnas de las jaulas metabólicas. Derecha: vista del interior de las jaulas metabólicas.	6

1. INTRODUCCIÓN

Según el censo caprino de 2015, España es el segundo país de la Unión europea (U.E.) en número de cabras, con 3.009.600 de cabezas censadas. Esto supone un 23,7% del censo caprino europeo (Eurostat, 2016. Cooperativas agroalimentarias).

La Comunidad Valenciana representa el 3% del total de cabras censadas en España, con 75.763 animales (SITRAN, 2016. Cooperativas agroalimentarias).

1.1. Ganado caprino. Raza Murciano-Granadina

La raza Murciano-Granadina es sin duda la raza de ganado caprino lechero más importante de España, tanto por sus censos y producciones como por su repercusión internacional.

Se trata de una raza especializada en la producción de leche, con un contenido elevado en grasa y proteína, aportando un elevado rendimiento quesero. Las producciones medias en animales de 2º parto en adelante son de 530 litros en 210 días de lactación, las medias de grasa oscilan entre 5,6-5,8 % y las de proteína entre 3,6-3,8% (ACRIMUR, 2016).

La raza tiene un buen índice de transformación con respecto a otras razas y una elevada rusticidad.

El peso de los machos oscila entre 50 y 70 Kg y el de las hembras (Figura 1) entre 40 y 55 kg. La hembra es poliéstrica casi continua, la poca estacionalidad que presenta desaparece con el efecto macho. Alcanza la madurez sexual a los 7 meses de edad. Los machos llegan a la madurez sexual con 5-8 meses de vida. La fertilidad es de un 90%, con una prolificidad media de 1,5 cabritos en el primer parto, y de 2 cabritos de segundo parto en adelante.

Actualmente se encuentra distribuida por toda la geografía española. También se ha exportado a otros países, como Marruecos, Argelia, Grecia, e incluso a América del Sur.

Independientemente de su sistema de explotación, las explotaciones caprinas españolas muestran una alta dependencia de alimentos comprados, ya que los pastos son escasos y de baja calidad nutritiva. Esto conduce a un aumento del gasto en

alimentación, que supone entre el 40% y el 50% del coste del kg de leche producido (Daza et al., 2004). La inclusión de subproductos en las dietas para rumiantes permite aumentar la disponibilidad de fuentes de alimentos y reducir el coste de producción.



Figura 1. Hembra de cabra Murciano-Granadina. Fuente: ACRIMUR, 2016.

1.2. Orujo graso de aceituna

La fabricación del aceite de oliva genera una importante cantidad de coproductos en toda el área Mediterránea, con una producción media anual en España de 2 millones de Tm de orujo deshidratado (FEDNA, 2015). Este orujo deshidratado y extractado (orujillo) se emplea como combustible en las propias orujeras, para generar energía eléctrica y para la alimentación de rumiantes extensivos. Si se deja de extraer total o parcialmente el aceite de orujo se incrementa el valor nutritivo y se obtiene un coproducto de mayor valor para la alimentación animal. El residuo integral deshuesado y deshidratado de la almazara (pulpa de aceituna) tiene un contenido apreciable de aceite de alta calidad (entre un 12% y un 14%) lo que aumenta su valor energético y supone un aporte importante de grasa de alta calidad.

Los diferentes coproductos de la fabricación del aceite de oliva (pulpa de aceituna, pulpa de aceituna tamizada, pulpa de aceituna parcialmente desengrasada y orujillo) muestran diferencias notables en el contenido en grasa (desde valores próximos a cero

en el orujillo hasta un 7,3; 12,8 y 16,6% en las pulpas parcialmente desengrasada, integral o tamizada, respectivamente). Contrariamente, se aprecia una disminución en el contenido en fibra, desde un 59,4% en el orujillo hasta un 53,1%; 49,1% y 41,5 % de FND en las pulpas parcialmente desengrasada, integral o tamizada, respectivamente. En cuanto a la concentración en proteína bruta, varía ligeramente por un efecto de dilución después de la extracción de grasa o de partículas gruesas fibrosas, tomando valores desde un 9,6% en la pulpa de aceituna hasta un 9,9%; 10,9% y 12,2% en la pulpa de aceituna, la pulpa parcialmente desengrasada y la pulpa tamizada, respectivamente (FEDNA, 2015).

El principal interés para el uso de las pulpas de aceituna en alimentación animal se encuentra en su apreciable contenido en extracto etéreo. El aporte de grasa resulta conveniente para piensos de maternidad en especies prolíficas (cerdas, conejas) que muestran respuestas productivas positivas a un aporte de grasa en el pienso.

Su perfil en ácidos grasos (muy rico en ácido oleico) lo hace especialmente adecuado para su suministro a animales en cebo ya que debería tener poco efecto o incluso un efecto favorable sobre el perfil en ácidos grasos de la carne.

También podría ser adecuado en raciones de rumiantes en cebo intensivo porque en circunstancias de menor acidez en el rumen la interacción entre grasa y digestión de la fibra es menor, así como el grado de lipólisis ruminal, lo que facilita que una proporción significativa de los ácidos grasos de la pulpa (principalmente oleico) se deposite directamente en la canal, incrementando su calidad desde el punto de vista de la nutrición humana.

Aunque la grasa insaturada implica alteraciones de la composición de la flora microbiana que llevan a una disminución de la digestión de la fibra (Demeyer et al., 1969; Van Soest, 1994; Johnson y Johnson 1995) y por lo tanto podría afectar al contenido graso en leche, existen estudios en los que la incorporación a pequeños niveles no afecta a los parámetros del rumen y presentan respuestas positivas en la producción de leche a la inclusión de grasa en la ración. El caso más favorable es el del caprino lechero, por su mayor capacidad para ingerir elevadas cantidades de alimentos lignificados, ya que tienen un rumen menos compartimentado. La inclusión de pulpa

de aceituna en raciones de cabras lecheras sustituyendo ingredientes concentrados no afecta a la producción de leche, sino que lleva al perfil de ácidos grasos de la leche hacia una mayor proporción de oleico, linoleico y linoleico conjugado y de la ratio ácidos grasos insaturados/saturados (Molina-Alcaide et al. 2005, Yáñez-Ruiz y Molina-Alcaide, 2007).

A pesar de que la grasa pueda perjudicar la fermentación de la fibra, se ha demostrado que existe una relación negativa entre grasa y producción de metano (CH₄), gas de efecto invernadero, que se debe a la competencia por el hidrógeno generado en el rumen para la saturación de los ácidos grasos, reduciendo su disponibilidad para la formación de CH₄ por las arqueas metanógenas (De Blas et al. 2008).

A partir de esta revisión, se va a utilizar el orujo graso de aceituna (concretamente la pulpa de aceituna que es el orujo deshuesado y deshidratado) como un ingrediente más en las dietas de ganado caprino lechero, pues planteamos la hipótesis de que el rendimiento productivo no se va a ver afectado y, probablemente, se reduzca la producción de metano.

2. OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es el estudio del efecto de la incorporación del orujo graso de aceituna en la ración de cabras lecheras en lactación sobre la ingestión y digestibilidad, el balance energético, el rendimiento lechero y la producción de metano. El orujo graso o pulpa de aceituna se incorporará en el concentrado de la ración, es decir, estará incorporado en el pienso compuesto.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Localización.

El trabajo de campo se llevó a cabo en la Granja Experimental del Departamento de Ciencia Animal de la Universitat Politècnica de València.

Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de la Unidad de Alimentación de este mismo departamento. Las pruebas se desarrollaron en una zona cubierta ubicada en las instalaciones de la granja de pequeños rumiantes. Este recinto está

especialmente dedicado a las pruebas de digestibilidad, valoración de alimentos y balances nutritivos.

3.2. Selección de animales.

Se realizó un control lechero a todas las cabras de la explotación con su posterior pesaje. Se seleccionó a 14 cabras de entre las que más leche producían y se formaron dos grupos de 7 cabras cada uno. Estos grupos se hicieron lo más parejos posibles en cuanto a producción y peso. Se repartieron los animales de manera que cada cabra tenía su homóloga en el otro grupo, para así conseguir una mayor homogeneidad.

Un grupo se llamó Control y el otro Orujo, atendiendo a la dieta de cada uno. Las cabras de un mismo grupo llevaron dietas iguales.

3.3. Instalaciones.

El ganado de la granja de pequeños rumiantes está compuesto por cabras de raza Murciano-Granadina y ovejas de raza Guirra. Dispone de parques móviles (Figura 2) para ajustarse a las necesidades de los animales en cada época del año o estado fisiológico de los mismos, además de una sala de ordeño (Figura 2) en paralelo de línea alta con foso y 6 unidades de ordeño y de una sala para dos tanques de leche.

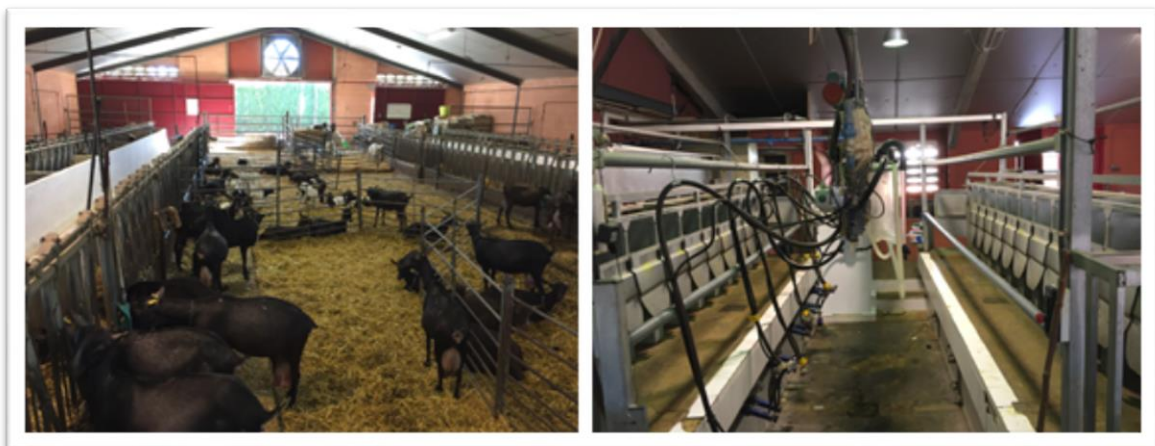


Figura 2. Izquierda: parques móviles de la granja de pequeños rumiantes. Derecha: sala de ordeño.

Situada cerca de la granja está la fábrica de piensos, que se empleó para la recepción de materias primas, la elaboración de los piensos, el secado de las heces y la orina en estufa y la molienda de heces.

Durante el experimento las cabras se alojaban en los parques móviles de la granja. Se hicieron dos corrales, en uno estaban las cabras del grupo Control y en otro las del grupo Orujo. Para las pruebas de digestibilidad y respirometría se subían a las jaulas metabólicas (Figura 3). Se tratan de jaulas individuales que permiten un fácil manejo de los animales. Cuentan con bebedero, un comedero extraíble que facilita la recogida del pienso no consumido (rehusados) y un suelo de rejilla que permite la recogida de heces y el paso de la orina hacia una plancha metálica que desemboca en un desagüe donde se sitúan unos botes de plástico para su almacenaje y posterior pesaje. La zona de comedero y bebedero de la jaula está aislada del exterior lo máximo posible dentro de una urna. Así, mediante una especie de capucha por la que se pasa la cabeza de la cabra, ésta queda dentro de dicha urna para realizar las medidas respirométricas.



Figura 3. Izquierda: urnas de las jaulas metabólicas. Derecha: vista del interior de las jaulas metabólicas.

3.4. Dietas.

Se calcularon los requerimientos nutricionales para cabras en lactación según las normas FEDNA para rumiantes en lactación (FEDNA, 2009).

Como forraje se utilizó alfalfa granulada y como concentrado se fabricaron dos piensos compuestos en la Fábrica de Piensos de la Unidad de Alimentación Animal, que fueron peletizados. La principal fuente de variación en cuanto a los ingredientes de los piensos fue que el pienso Orujo contenía orujo graso de aceituna, lo que aumentó los niveles de grasa en la dieta. Los ingredientes y la composición química de la alfalfa, el orujo graso de aceituna y los piensos se pueden observar en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Ingredientes y composición química de las materias primas y los piensos.

INGREDIENTES (%)	ALFALFA	ORUJO GRASO	DIETA	
			CONTROL (C)	ORUJO (O)
Cebada 2C 9,6 PB			78,7	62,0
Harina de soja 44			16,9	16,3
Orujo graso 15% EE		100		20,0
Carbonato cálcico			2,3	0,9
Corrector crecimiento			0,4	0,4
Cloruro sódico mina			0,9	0,2
Fosfato bicálcico an.			0,8	0,3
COMPOSICIÓN QUÍMICA (%MS)				
MS	90,2	90,8	83,6	89,1
Cenizas	12,4	7,7	9,3	6,6
MO	87,6	92,3	90,8	93,4
PB	16,7	12,7	14,4	16,7
EE	3,1	12,7	2,4	4,7
FND	45,9	49,1	16,6	24,5
FAD	29,4	4,6	5,2	8,9
LAD	4,8	17,9	0,2	2,4
EB (MJ/kg MS)	16	17	17	18

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; LAD: lignina ácido detergente; EB: energía bruta.

Las raciones se les proporcionaban una vez al día, por la mañana, tras retirar los restos de comida del día anterior. Las cantidades por cabra eran las siguientes: 1.000 g de forraje y 1.500 g de pienso, tanto para las cabras que permanecían en el corral como para las que subían a las jaulas metabólicas.

3.5. Procedimiento experimental.

El trabajo en granja se prolongó durante 25 días contando los festivos, en los que únicamente se ordeñaba y alimentaba a las cabras. Durante ese periodo de tiempo se procuró mantener una rutina de trabajo diaria para alterar lo menos posible a los animales. Esta rutina consistía en lo siguiente: a primera hora de la mañana se bajaban las dos cabras que estaban en las jaulas metabólicas, se incorporaban a su grupo según fueran de Orujo o Control y se ordeñaban. Posteriormente, se pesaban tanto las que habían bajado de las jaulas metabólicas como las que iban a subir, se devolvían a sus respectivos corrales, se subían dos cabras a las jaulas metabólicas y se les proporcionaba a todas sus raciones, previa retirada de los rehusados (comida que les sobra). A continuación, se preparaban las raciones para el día siguiente.

A lo largo de todo el experimento se pueden distinguir las siguientes fases:

Adaptación: esta fase es necesaria tanto para la objetividad del experimento como para el bienestar de los animales. Los rumiantes requieren de un periodo de adaptación del rumen cuando se les cambia la dieta. También es importante que las cabras estén habituadas a las jaulas, a los corrales, a los bebederos y comederos y, sobre todo, a la persona que las va a manejar durante el experimento. Otro objetivo que se busca con esta fase es la eliminación del tracto digestivo de restos de alimentos consumidos anteriormente. Por todo ello, las cabras estuvieron 7 días adaptándose, en los que no se efectuaba recogida de muestras, pero sí el necesario ordeño diario junto con el control de la producción lechera.

Digestibilidad aparente: una vez superada la fase de adaptación se empezó con la de digestibilidad. En esta fase se controlaron diariamente los rehusados, la orina, las heces, la producción lechera y el peso.

Como se ha comentado, las cabras se subían a las jaulas metabólicas de dos en dos, ya que la digestibilidad se realizó en las jaulas metabólicas con urna para mediciones respirométricas. En estas jaulas permanecían 24 horas. Cuando se bajaban de las jaulas se retiraban los rehusados, se pesaban y se anotaba el peso.

Por otro lado, las heces acumuladas durante esas 24 horas se recogían en un cubo, que posteriormente se pesaba tarado para conocer el peso de éstas, se anotaba el peso, se tomaba una muestra de unos 300 g en una bolsa y se congelaba. Al finalizar el experimento se secaban en estufa a 100°C durante 24 horas para su posterior molienda y análisis.

Lo mismo se hacía con la orina recogida. Una vez pesada y registrado el peso y el volumen se tomaba una muestra de unos 100 ml y se congelaba en el congelador de la propia granja para su posterior secado en estufa y análisis.

Respirometría: esta fase fue simultánea a la de digestibilidad, ya que se realizó en las mismas jaulas metabólicas. Como se ha descrito anteriormente, estas jaulas disponen de una urna donde la cabeza del animal queda aislada del exterior para así poder realizar las mediciones de gases. Para ello se empleó un equipo móvil de calorimetría indirecta de circuito abierto para pequeños rumiantes. Este equipo está conectado a la

urna de la jaula metabólica mediante dos tubos: uno es el de la toma de aire del exterior y el otro el que lleva el aire del interior de la urna al caudalímetro (Sensyflow VT-S, ABB S.A.) y de ahí a un ventilador centrífugo (CST60, Soler Palau S.A.). Entre el caudalímetro y el ventilador hay una pequeña bomba de membrana que extrae el aire que se quiere muestrear y lo lleva al analizador de gases (Easyflow 3020, ABB S.A.), el cual registra los porcentajes de oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄). El analizador conecta con un ordenador que efectúa la recogida de datos cada minuto.

Producción de leche: a lo largo de toda la prueba se llevó a cabo el ordeño diario de las cabras en la sala de ordeño de la granja de pequeños rumiantes, ya que estaban en lactación. Este se hacía a la vez en los dos grupos de animales una vez incorporadas las cabras que estaban en las jaulas metabólicas. Se tomaba muestra de leche de las cabras que bajaban de las jaulas metabólicas y se llevaban al LICOVAL, que es el Laboratorio de Análisis de Leche del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la UPV, donde analizaban su composición química. A continuación, se medía y registraba la producción de cada cabra, se almacenaba la leche en los tanques, se desinfectaban los pezones con yodo para evitar infecciones, se llevaba a los animales a sus respectivos corrales y se limpiaba la sala y la máquina de ordeño.

3.6. Análisis químicos.

La composición química de los piensos, la alfalfa, las heces y la orina se analizó por duplicado siguiendo los métodos oficiales de análisis de AOAC (2000). Se determinó la materia seca (MS), las cenizas y el extracto etéreo (EE). La fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y la lignina ácido detergente (LAD) se determinaron según Van Soest *et al.* (1991) por el sistema de las bolsas de filtro ANKOM.

La concentración de energía se determinó con una bomba calorimétrica adiabática (Gallenkamp Autobomb; Loughborough, UK).

El análisis de nitrógeno de los piensos, la alfalfa, las heces, la orina y la leche se realizó por el principio de Dumas mediante un equipo LECO (TruSpec CN; Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA) en el Departamento de Ciencia Animal de la UPV.

Los valores del extracto seco, grasa, proteína y lactosa de la leche los determinó el LICOVAL.

Los ácidos grasos volátiles (AGV) del contenido ruminal se determinaron mediante cromatografía de gases (Jouany, 1982).

3.7. Cálculos y análisis de datos.

Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CD)

Es el grado de utilización digestiva de una ración, que corresponde a la fracción de las sustancias ingeridas que no son excretada en las heces.

$$CD = [(Ingerido - Excretado) / Ingerido] \times 100$$

Energía Metabolizable Ingerida (EMi):

Es aquella que resulta de restar a la energía ingerida la energía que se pierde por las heces, la orina y el metano (CH₄).

$$EMi = E_{Ingerida} - (E_{heces} + E_{orina} + E_{CH_4})$$

El volumen de gas de metano se convierte en valores de energía usando el factor de conversión 39,4 kJ/l CH₄ (Islam et al., 2000).

Balance energético:

Para su realización se determinó la energía retenida (ER) descontando a la energía bruta ingerida (EBi) las pérdidas producidas en heces (Eheces), orina (Eorina), metano (ECH₄) y producción de calor (PC), según la siguiente expresión:

$$ER = E_{Bi} - E_{heces} - E_{orina} - E_{CH_4} - E_{leche} - PC$$

La producción de calor (PC) se determinó por calorimetría indirecta e intercambio gaseoso (método coeficiente respiratorio [CR]). Para su cálculo se utilizó la ecuación de Brouwer (1965):

$$PC \text{ (kJ/d)} = 16,18 O_2 \text{ (l/d)} + 5,02 CO_2 \text{ (l/d)} - 2,17 CH_4 \text{ (l/d)} - 5,99 Norina \text{ (g/d)}$$

Siendo Norina el contenido de nitrógeno de la orina.

Para el análisis de los datos obtenidos se realizó un modelo lineal general (GLM) con la dieta como efecto fijo. Se usó un test t para comparar las medias. El programa estadístico utilizado fue el SAS (2010). El modelo que se utilizó para predecir la producción de metano fue:

$$Y_i = \mu + (D_i \times X) + \epsilon_i$$

Donde:

Y_i = Variable dependiente

μ = Media general

D_i = Efecto de la Dieta

X = Pendiente de la recta

ϵ_i = Error aleatorio

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras realizar el análisis estadístico, los resultados obtenidos correspondientes a la ingestión y coeficientes de digestibilidad (CD) aparentes de ambas dietas se muestran en la **Tabla 2**. El P-valor indica si existen o no diferencias significativas cuando este es menor que 0,05 ($P < 0,05$) o mayor que 0,05 ($P > 0,05$) respectivamente.

Tabla 2. PV, Ingestión y Coeficientes de digestibilidad aparente (%).

	CONTROL	ORUJO	ESM	P-valor
PV (Kg)	37,7	39,2	1,07	0,492
Ingestión (kg MS/día)	1,1	1,3	0,05	0,070
CD MS	76,2	66,8	2,03	0,016
CD MO	76,8	67,3	1,98	0,012
CD PB	74,6	65,3	2,09	0,023
CD EE	58,4	68,5	2,89	0,081
CD FND	50,8	40,2	3,55	0,139
CD FAD	49,3	33,1	4,32	0,058
CD CNF	97,3	93,5	0,73	0,007
CD EB	77,9	69,6	1,83	0,019

ESM: error estándar de la media; P-valor: probabilidad que indica significancia cuando $P < 0,05$. PV: peso vivo; MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; LAD: lignina ácido detergente; EB: energía bruta.

Como se puede observar en la **Tabla 2**, no existen diferencias significativas en el peso vivo (PV) ni en la ingestión de materia seca, aunque si hay una tendencia a consumir más la dieta Orujo. Como se ha comentado anteriormente, a cada animal se le ofreció un total de 2,5 kg de alimento y la ingestión media fue de 1,2 kg por cabra y día. Por tanto, hay que destacar los bajos niveles de ingestión, debido a la falta de apetencia de las cabras hacia los piensos, siendo menor en la dieta Control. Esta menor aceptación podría ser debida a su mayor contenido en cenizas (2,7%MS superior al de la dieta Orujo). Tampoco existen diferencias significativas ($P>0,05$) para los coeficientes de digestibilidad correspondientes a EE, FND y FAD, siendo sus valores medios de 63,5%, 45,5% y 41,2% respectivamente.

En cambio, sí que se observan diferencias estadísticamente significativas para los coeficientes de digestibilidad de MS, MO, PB, CNF y EB. En general la ingestión fue baja y, además, numéricamente inferior en la dieta Control. Sin embargo, la digestibilidad fue superior en dicha dieta. Esto indica que los animales alimentados con la dieta Control consumieron la mayor parte del pienso, que es más digestible que la alfalfa, y las cabras con la dieta Orujo no manifestaron gran apetencia por el pienso con orujo y se alimentaron más de alfalfa (fibra).

La dieta que utiliza un subproducto, la dieta Orujo, tiene un mayor contenido en fibra, y eso unido a los casi dos puntos más de grasa con respecto a la dieta Control podría haber influido en el menor consumo y digestibilidad. Como ya se ha comentado anteriormente, la grasa insaturada implica alteraciones de la composición de la flora microbiana que llevan a una disminución de la digestión de la fibra (Demeyer *et al.*, 1969; Van Soest, 1994; Johnson y Johnson 1995). Por tanto, en general se observa una menor digestibilidad en la dieta Orujo que en la dieta Control.

La **Tabla 3** recoge el balance energético de las dietas obtenido por calorimetría indirecta mediante el método de CR.

Tabla 3. Balance energético de las dietas (KJ/Kg PV^{0,75}).

	CONTROL	ORUJO	ESM	P-valor
E _{Bi}	1.252	1.455	64,6	0,119
E heces	480	686	47,0	0,023
E _{Di}	772	769	35,0	0,962
E orina	23	30	5,9	0,561
E CH ₄	96	115	5,1	0,059
E _{Mi}	654	624	33,4	0,669
PC	836	832	24,2	0,946
ER leche	638	514	27,4	0,020
Balance E	-820	-723	47,4	0,321

ESM: error estándar de la media; P-valor: probabilidad que indica significancia cuando $P < 0,05$; E_{Bi}: energía bruta ingerida; E heces: energía contenida en las heces; E_{Di}: energía digestible ingerida; E orina: energía contenida en la orina; E CH₄: energía contenida en el metano; E_{Mi}: energía metabolizable ingerida; PC: producción de calor; ER leche: energía retenida en la leche; Balance E: balance total de energía.

La energía bruta ingerida (E_{Bi}) es mayor en la dieta Orujo, coincidiendo con la mayor ingestión de materia seca. Destacar que, con una menor ingestión para la dieta Control, la energía digestible ingerida (E_{Di}) es mayor en esta dieta que en la dieta Orujo, saliendo así debido a la energía contenida en las heces. En ambas dietas la E_{Di} presenta valores muy bajos, lo que conduce a valores aún menores de energía metabolizable ingerida (E_{Mi}), obteniéndose un valor medio para ambas dietas de 639 KJ/Kg PV^{0,75}. Aunque se observaron diferencias significativas en la energía perdida en heces, no se observaron para la E_{Mi}.

Para una cabra lechera, los consumos de EM han sido bajos. En el trabajo de Aguilera *et al.* (1990), con cabras Granadinas en mitad-fin de lactación, durante 2 lactaciones consecutivas y alimentadas con una dieta basada en heno de alfalfa peletizada y cebada en grano, obtienen valores de E_{Mi} que oscilan entre 628 y 1050 kJ/kg PV^{0,75}. Otros autores, como Tovar-Luna *et al.* (2010), con razas más seleccionadas como la Alpina, obtienen valores medios de E_{Mi} durante el fin de la lactación de 753 kJ/kg PV^{0,75} para cabras alimentadas con un 20% de concentrado y 1190 kJ/kg PV^{0,75} cuando las cabras recibían un 60% de concentrado.

A pesar de esto, el rendimiento lechero (**Tabla 5**) se ha mantenido alto, lo que indica una importante movilización de reservas corporales.

En cuanto a la energía del metano, aunque no existen diferencias significativas, se aprecia un valor considerablemente mayor para la dieta Orujo ya que, como se explica más adelante, los animales de esta dieta producen más metano.

Únicamente se observan diferencias estadísticamente significativas para la energía contenida en heces y la retenida en la leche, aumentando la primera y disminuyendo la segunda en la dieta Orujo con respecto a la dieta Control. Se ha excretado más energía en heces debido a, como se ha comentado anteriormente, una menor digestibilidad, lo que se traduce en un menor contenido de energía retenida en la leche. Concretamente, la energía retenida en leche en la dieta Control es de un 51%, frente a la de la dieta Orujo que se sitúa por debajo con un 35%.

Que el balance de energía resulte negativo para ambas dietas es un indicador de la importante movilización de reservas corporales destinada a la producción de leche comentada anteriormente. Esta movilización viene desencadenada por la baja ingestión de alimento.

En la **Tabla 4** se pueden observar los datos referentes a los ácidos grasos volátiles del rumen.

Tabla 4. Parámetros del rumen, pH, nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles del rumen (mmol/l).

	CONTROL	ORUJO	ESM	P-valor
pH	7,3	7,1	0,07	0,377
N-NH ₃ (mg/dl)	8,9	8,5	0,71	0,830
Acético	24,6	34,7	2,87	0,089
Propiónico	6,4	7,4	0,50	0,393
Isobutírico	0,8	1,0	0,15	0,622
Butírico	3,2	7,8	1,09	0,018
Isovalérico	1,1	1,3	0,20	0,664
N-Valérico	0,6	0,9	0,15	0,316
N-Caproico	0,1	0,3	0,11	0,507
Heptanoico	0,0	0,2	0,10	0,441

ESM: error estándar de la media; P-valor: probabilidad que indica significancia cuando $P < 0,05$.

El mayor contenido de ácidos grasos volátiles en los animales de la dieta Orujo indica una mayor fermentación en el rumen, lo que confirma que dichos animales han consumido más cantidad de fibra (alfalfa) que de pienso compuesto, ya que un

subproducto como el orujo, con 2 puntos más de grasa que la dieta Control, llevaría a pensar que la fermentación ruminal disminuye, y no ha sucedido así. Esto se da, por ejemplo, en el ácido acético, con un contenido de 24,6mmol/l para la dieta Control y 34,7mmol/l para la dieta Orujo.

Aunque los animales del grupo Orujo parece que consumieron más alfalfa que pienso compuesto, hay que señalar que la significancia estadística del butírico se debe a la pobre calidad de la alfalfa, que estaba peletizada, es decir, la fibra está muy molida y genera finos y, por tanto, el tiempo de fermentación en el rumen es menor y el nivel de butírico mayor (Demeyer *et al.*, 1969).

La **Tabla 5** muestra los datos de producción y composición de la leche.

Tabla 5. Producción (kg/día) y composición de la leche (%MS).

	CONTROL	ORUJO	ESM	P-valor
Producción	2,6	2,2	0,10	0,035
MS	14,2	13,9	0,18	0,427
Grasa	5,4	5,1	0,15	0,380
Proteína	3,2	3,3	0,07	0,893
Lactosa	4,9	4,8	0,04	0,141

ESM: error estándar de la media; P-valor: probabilidad que indica significancia cuando $P < 0,05$; MS: materia seca.

La única diferencia estadísticamente significativa se corresponde con la producción de leche, siendo mayor en la dieta control con un valor de 2,6 kg/día frente a los 2,2 kg/día de la dieta Orujo. Aun siendo menor la ingesta de los animales de la dieta Control, la baja digestibilidad de los de la dieta Orujo marcan esta diferencia en la producción. En un estudio realizado por Molina-Alcaide *et al.* (2010) reemplazaron el 50% del concentrado incluyendo orujo graso de aceituna en bloques multinutrientes. La producción de leche fue mayor en la dieta a base de heno de alfalfa y concentrado en comparación con las que recibían dietas con los bloques multinutrientes, aunque la composición en proteína, grasa y lactosa no se vio afectada por el tipo de dieta. La calidad del perfil de ácidos grasos de la leche mejoró, compensando así la disminución de la producción y reduciendo el coste de la ración en un 36% en relación a la ración que se emplea en la práctica en sistemas de producción de cabras lecheras.

El resto de valores correspondientes a la materia seca, la grasa, la proteína y la lactosa son prácticamente iguales en ambas dietas, con unos valores medios de 14,05%, 5,25%, 3,25% y 4,85% respectivamente. Destacar que, aunque la dieta Orujo presenta casi el doble de grasa que la dieta Control (2,3% más), la leche que corresponde a los animales de la dieta Control contiene un mayor porcentaje de grasa (5,4% frente a 5,1% de la dieta Orujo). Es decir, un nuevo indicio de que los animales de la dieta Orujo rechazaron el pienso.

Tabla 6. Indicadores de producción de metano.

	CONTROL	ORUJO	ESM	P-valor
g CH ₄ /día	26,1	32,1	1,42	0,029
g CH ₄ /kg Msi	24,3	24,7	1,22	0,894
g CH ₄ /kg MOi	34,2	32,1	2,12	0,637
g CH ₄ /kg leche	10,6	14,9	0,83	0,007
Ym (%)	8,1	7,9	0,40	0,847

ESM: error estándar de la media; P-valor: probabilidad que indica significancia cuando $P < 0,05$; Msi: materia seca ingerida; MOi: materia orgánica ingerida; Ym: factor de conversión del metano, expresado como la fracción de la EB del alimento que se transforma en CH₄.

En la **Tabla 6** se observan diferencias estadísticamente significativas para los gramos de metano producidos al día y en los contenidos en un kilo de leche, siendo mayores los datos que corresponden a los animales con la dieta Orujo. Sin embargo, estas diferencias desaparecen cuando expresamos la producción de metano por kilo de materia seca. Cuanto mayor es el contenido en grasa menor debería ser el metano producido ya que ésta interfiere en la digestibilidad de la fibra. Estos datos vuelven a indicar que los animales de dicha dieta se alimentaron más de alfalfa que de pienso compuesto, si no hubiera ocurrido el efecto contrario. Como la dieta Orujo produjo menor cantidad de leche, cuando expresamos la cantidad de metano producida por kg de leche los valores de metano vuelven a ser superiores ($P < 0,05$) para la dieta Orujo. Por otro lado, no se observaron diferencias para el factor de conversión de metano (Ym), que nos indica qué porcentaje de la energía bruta ingerida se pierde en forma de metano. A pesar de no encontrarse diferencias (valores medios de 8%), Johnson y Johnson (1995) indicaron que los valores de Ym pueden rondar entre 2% y 12%. Los valores de 2% serían en el caso de utilizar solo un pienso compuesto, por ejemplo, como sucede en el cebo de terneros, y los valores de 12% en el caso de emplear una dieta basada totalmente en forraje. En nuestro experimento, el valor de Ym tiende a

valores típicos de una dieta forrajera, lo cual confirma la falta de apetecibilidad de los animales por el pienso compuesto.

5. CONCLUSIONES

La incorporación de orujo graso de aceituna en la dieta de cabras Murciano-Granadinas en mitad de lactación ha dado lugar a las siguientes conclusiones:

- La ingestión de materia seca fue baja para ambas dietas, sin resultar significativa estadísticamente.
- La digestión fue superior en la dieta control, presumiblemente debido al mayor consumo de pienso.
- Debido a la baja ingestión respecto al alimento ofrecido, las cabras de ambos grupos movilizaron reservas corporales para mantener el rendimiento lechero.
- Prácticamente no se observaron diferencias en el rendimiento lechero.
- Existe diferencia significativa para los gramos de metano producidos al día, resultando así por la mayor ingesta de fibra por parte de los animales de la dieta Orujo.
- A nivel experimental, es esencial controlar y asegurarse de que el ingrediente problema se consume o, en su defecto, cuantificar la cantidad rechazada.

IMPLICACIONES PRÁCTICAS

- Para estudiar si el orujo graso de aceituna es un subproducto interesante en la fabricación de piensos compuestos para la alimentación de rumiantes se tendría que mejorar los aspectos relacionados con la apetecibilidad. Además, habría que controlar la calidad de la grasa del ingrediente, pues por ejemplo el contenido graso de un orujo de aceituna mal conservado puede enranciarse y esto desembocar en un descenso de la ingestión.

6. BIBLIOGRAFÍA.

ACRIMUR, 2016. *La cabra Murciano-Granadina. Producción.* Consultado el 20 de octubre de 2016. Disponible en:

<http://www.acrimur.es/lacabra.php?sub=2&PHPSESSID=7170a44116febbb376288bc93a31669e>

ACRIMUR, 2016. Consultado el 28 de noviembre de 2016. Disponible en: <http://www.acrimur.es/index.php?fotoCP=7>

Aguilera, J. F., Prieto, C., Fonollá, J., 1990. *Protein and energy metabolism of lactating Granadina goats.* Britain Journal Nutrition, 63: 165-175.

AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis of the AOAC International.* 17th Ed. Association of Official Analytical Chemist. Arlington, USA.

Brouwer, E., 1965. *Report of sub-committee on constants and factors.* In *Proceedings of 3rd Euroean Association for Animal Production Symposium on Energy Metabolism.* London: Academic Press, 11: 441-443.

Cooperativas agroalimentarias, 2016. *El sector del ovino y caprino en cifras. Principales indicadores económicos.* Consultado el 21 de noviembre de 2016. Disponible en:

<http://www.agro-alimentarias.coop/ficheros/doc/05032.pdf>

Daza, A., Fernández, C., Sánchez, A., 2004. *Ganado caprino. Producción, Alimentación y sanidad.* Editorial Agrícola Espanola. Madrid., pp. 73-87.

De Blas, C.; García-Rebollar, P.; Cambra-López, M.; Torres, A.G. 2008. *Contribución de los Rumiantes a las Emisiones de Gases con Efecto Invernadero.* XXIV Curso de especialización FEDNA, p. 121-150.

Demeyer, D. I., Van Nevel, C. J., Henderickx, H. K., Martin, J., 1969. En: *Energy Metabolism of Farm Animals.* K.L. Blaxter, J. Kielanowsky, G. Thorbek (Eds). European Association for Animal Production 12, 139-147.

FEDNA, 2009. *Necesidades nutricionales para rumiantes de leche.* Calsamiglia, S., Bach, A., de Blas, C., Fernández, C., García-Rebollar, P. Ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.

FEDNA, 2015. *Ingredientes para piensos. Pulpa de aceituna.* Consultado el 16 de noviembre de 2016. Disponible en:

http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/pulpa-de-aceituna-actualizado-nov-2015

Islam, M.; Abe, H.; Hayashi, Y.; Terada, F. 2000. *Effects of Feeding Italian Ryegrass with Corn on Rumen Environment, Nutrient Digestibility, Methane Emission, and Energy and Nitrogen Utilization at Two Intake Levels by Goats.* Small Ruminant Research, 38: 165-174.

Johnson, K.A. y Johnson, D.E., 1995. *Methane emissions from cattle.* Journal of Animal Science, 73: 2483- 2492.

Jouany, J.P., 1982. *Volatile fatty acid and alcohol determination in digestive contents, silage juices, bacterial cultures and anaerobic fermentor content.* Sciences des Aliments 2, 131-144.

MAPAMA, 2016. *Catálogo oficial de razas. Raza caprina Murciano-Granadina.* Consultado el 20 de octubre de 2016. Disponible en:

<http://www.mapama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/razas-ganaderas/razas/catalogo/autoctona-fomento/caprino/murciano-granadina/default.aspx>

Molina-Alcaide, E., Morales García, Y. E., Yañez Ruiz, D. R., Mourmen, A., & Martín García, A. I., 2005. *Aprovechamiento de los residuos de las industrias del aceite de oliva mediante su uso como alimentos para rumiantes.* Foro del Olivar y el Medio Ambiente.

Molina-Alcaide E., E. Y. Morales-García, A. I. Martín-García, H. Ben Salem, A. Nefzaoui, and M. R. Sanz-Sampelayo. 2010. *Effects of partial replacement of concentrate with feed blocks on nutrient utilization, microbial N flow, and milk yield and composition in goats.* J. Dairy Sci. 93: 2076–2087.

SAS, 2010. SAS Campus Drive, Cary, NC 27513 USA.

Tovar-Luna, I., Puchala, R., Sahlu, T., Freetly, H. C., Goetsch, L., 2010. *Effects of Stage of Lactation and Dietary Concentrate Level on Energy Utilization by Alpine Dairy Goats.* Journal Dairy Science, 93: 4818-4828.

Van Soest, P. J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. *Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Non Starch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition.* Journal Dairy Science, 74: 3583-3597.

Van Soest, P. J., 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2o Ed. Comstock. Cornell University Press., pp. 476.

Yañez-Ruiz, D. R., Molina-Alcaide, E., 2007. *A comparative study of the effect of two-stage olive cake added to alfalfa on digestion and nitrogen losses in sheep and goats*. *Animal: an international journal of animal bioscience*, vol. 1, no 2, p. 227.