

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL

Máster en Ingeniería Agronómica



***Efecto de la incorporación de hoja de naranjo y paja de arroz en las dietas de ganado caprino sobre el rendimiento productivo.***

Trabajo de Fin de Máster en Ingeniería Agronómica

Curso Académico: 2018/2019

Autor: Rubio Oquendo, Adrián

Tutor: Fernández Martínez, Carlos Javier

Valencia, 26 de Julio de 2019

**TÍTULO:** Efecto de la incorporación de hoja de naranjo y paja de arroz en las dietas de ganado caprino sobre el rendimiento productivo.

**RESUMEN:** De un rebaño de 150 cabras de raza Murciano-Granadina en lactación se seleccionarán 10 cabras, de las cuales 5 comerán una dieta control y las otras 5 otra que incorpora paja de arroz y hoja de naranjo procedente de los residuos de la poda. Mediante jaulas metabólicas y calorimetría indirecta se calculará la digestibilidad, el balance de nutrientes y el rendimiento lechero, con el objetivo de valorar si la incorporación de estos subproductos agroindustriales mantienen el rendimiento productivo.

No se observaron diferencias significativas en la ingestión de materia seca entre las dos dietas, manteniendo una ingestión media entre los dos grupos de 2,23 kg/d por animal. No se observaron cambios significativos en los parámetros de mayor importancia en el ambiente ruminal, presentando alguna diferencia significativa en los ácidos grasos volátiles de menor proporción. En el caso del balance energético ha sido superior en la dieta control, en cambio ambas dietas han proporcionado un balance energético positivo. La producción de leche presentó diferencias significativas, siendo inferior en la dieta con hoja de naranjo y paja de arroz, pero al mismo tiempo presentando un 1% más de materia seca y grasa en la leche. Se observaron diferencias significativas en el perfil de ácidos grasos en la grasa de la leche, siendo mayor la presencia de ácidos grasos insaturados en la leche de los animales alimentados con la dieta con hojas de naranja y paja de arroz.

**PALABRAS CLAVE:** Nutrición, arroz, naranja, cabras.

**AUTOR:** Rubio Oquendo, Adrián

**TUTOR:** Fernández Martínez, Carlos Javier

**TITLE:** Effect of the incorporation of orange leaf and rice straw in the goat diets on the productive performance.

**ABSTRACT:** From a herd of 150 goats of Murciano-Granadina breed, 10 goats will be selected, of which 5 will eat a control diet and the other 5 will incorporate rice straw and orange leaf from the pruning waste. Through metabolic cages and indirect calorimetry, digestibility, nutrient balance and milk yield will be calculated, in order to assess whether the incorporation of these agro-industrial by-products maintain productive performance.

No significant differences were observed in the ingestion of dry matter between the two diets, maintaining an average ingestion between the two groups of 2,23 kg/d per animal. No significant changes were observed in the most important parameters in the ruminal environment, presenting some significant difference in the volatile fatty acids with less proportion. In the case of the energy balance it has been superior in the control diet, however both diets have provided a positive energy balance. Milk production showed significant differences, being lower in the diet with orange leaf and rice straw, but at the same time presenting 1% more dry matter and fat in milk. Significant differences were observed in the profile of fatty acids in milk fat, the presence of unsaturated fatty acids in the milk of animals fed the diet with orange leaves and rice straw being greater.

**KEYWORDS:** Nutrition, rice, orange, goats

**AUTHOR:** Rubio Oquendo, Adrián

**TUTOR:** Fernández Martínez, Carlos Javier

El presente Trabajo de Fin de Máster se ha llevado a cabo gracias a la financiación proporcionada por el Proyecto LOWCARBON FEED, denominado específicamente LIFE16/CCM/ES/000088.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

|        |                                                                |    |
|--------|----------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | INTRODUCCIÓN .....                                             | 1  |
| 1.1.   | Los rumiantes y su importancia actual .....                    | 1  |
| 1.2.   | El sector caprino en España y en la Comunidad Valenciana ..... | 4  |
| 1.3.   | Gestión de la paja de arroz .....                              | 6  |
| 1.4.   | Gestión de los restos de la poda de cítricos .....             | 7  |
| 2.     | OBJETIVOS .....                                                | 8  |
| 3.     | MATERIAL Y MÉTODOS .....                                       | 9  |
| 3.1.   | Animales .....                                                 | 9  |
| 3.2.   | Alimentación .....                                             | 9  |
| 3.3.   | Instalaciones .....                                            | 11 |
| 3.4.   | Procedimiento experimental .....                               | 11 |
| 3.4.1. | Adaptación a dieta .....                                       | 12 |
| 3.4.2. | Selección de animales .....                                    | 12 |
| 3.4.3. | Adaptación a jaulas .....                                      | 13 |
| 3.4.4. | Digestibilidad .....                                           | 14 |
| 3.4.5. | Respirometría .....                                            | 14 |
| 3.4.6. | Cambio de dieta .....                                          | 15 |
| 3.5.   | Análisis químicos .....                                        | 15 |
| 3.6.   | Cálculo y análisis de datos .....                              | 16 |
| 4.     | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                   | 18 |
| 5.     | CONCLUSIONES .....                                             | 28 |
| 6.     | BIBLIOGRAFÍA .....                                             | 29 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Emisiones de los principales gases de efecto invernadero por todos los sectores y por la agricultura, la actividad forestal y el uso de la tierra (ASOUT) en 2010. (Fuente: FAO, 2016). .... | 3  |
| Tabla 2. Emisiones de gases producidas por las principales especies de rumiantes en Europa el año 2017. (Fuente: Elaboración propia).....                                                             | 4  |
| Tabla 3. Ingredientes y composición de las dietas experimentales.....                                                                                                                                 | 10 |
| Tabla 4. Organización del procedimiento experimental (Fuente: Elaboración propia). ....                                                                                                               | 12 |
| Tabla 5. Peso Corporal, Ingestión, y coeficientes de digestibilidad aparente de las cabras Murciano-Granadina (n = 10) a mitad de la lactación acorde al tipo de dieta. ....                          | 18 |
| Tabla 6. pH, N-amoniaco (NH <sub>3</sub> -N), y ácidos grasos volátiles (AGV) del rumen de cabras Murciano-Granadina (n = 10) a mitad de la lactación acorde al tipo de dieta. ....                   | 19 |
| Tabla 7. Balance energético diario (kJ/kg de PV <sup>0,75</sup> ) de cabras Murciano-Granadina (n = 10) a mitad de la lactación acorde al tipo de dieta.....                                          | 22 |
| Tabla 8. Producción y calidad de leche diaria en cabras Murciano-Granadina (n = 10) en mitad de lactación según el tipo de dieta. ....                                                                | 24 |
| Tabla 9. Perfil de ácidos grasos (g/100 g of milk fat) de la grasa de la leche de cabras alimentadas por las dietas experimentales (n=10).....                                                        | 25 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Anatomía digestiva de los rumiantes. (Fuente: Carlos Fernández).....                                                                  | 1  |
| Figura 2. Cuotas de emisiones de gases de efecto invernadero de los sectores económicos en 2010. (Fuente: FAO, 2016) .....                      | 2  |
| Figura 3. Proporción de las emisiones agrícolas en CO <sub>2</sub> equivalente en 2014, por origen y a nivel mundial. (Fuente: FAO, 2016). .... | 3  |
| Figura 4. Número de cabras de ordeño en España 2012-2017. (Fuente: Elaboración propia).....                                                     | 5  |
| Figura 5. Producción del sector caprino desde el 2013 al 2017. (Fuente: Elaboración propia). ..                                                 | 5  |
| Figura 6. Hembra raza Murciano-Granadina. (Fuente: MAPAMA). ....                                                                                | 9  |
| Figura 7. Jaulas de digestibilidad y orden de distribución de las raciones. (Fuente: Elaboración propia).....                                   | 13 |
| Figura 8. Relación entre pH del rumen y las proporciones de ácidos grasos volátiles. (Fuente: Mahieu, 1991). ....                               | 21 |
| Figura 9. Esquema del balance energético (Fuente: Lachica et al., 2004).....                                                                    | 22 |

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Los rumiantes y su importancia actual

Los Rumiantes son un Suborden incluido dentro del Orden de los Artiodáctilos, caracterizados por poseer un número par de dedos con pezuñas. Los rumiantes son mamíferos caracterizados por su tipo de alimentación y su sistema digestivo. Estos animales se caracterizan por consumir el alimento y luego regurgitar el alimento ya semidigerido para remasticarlo y agregar saliva, proceso llamado rumia. Su sistema digestivo se diferencia por poseer el estómago dividido en varios compartimentos, rumen, retículo, omaso y abomaso, tal y como se muestra en la figura 1.

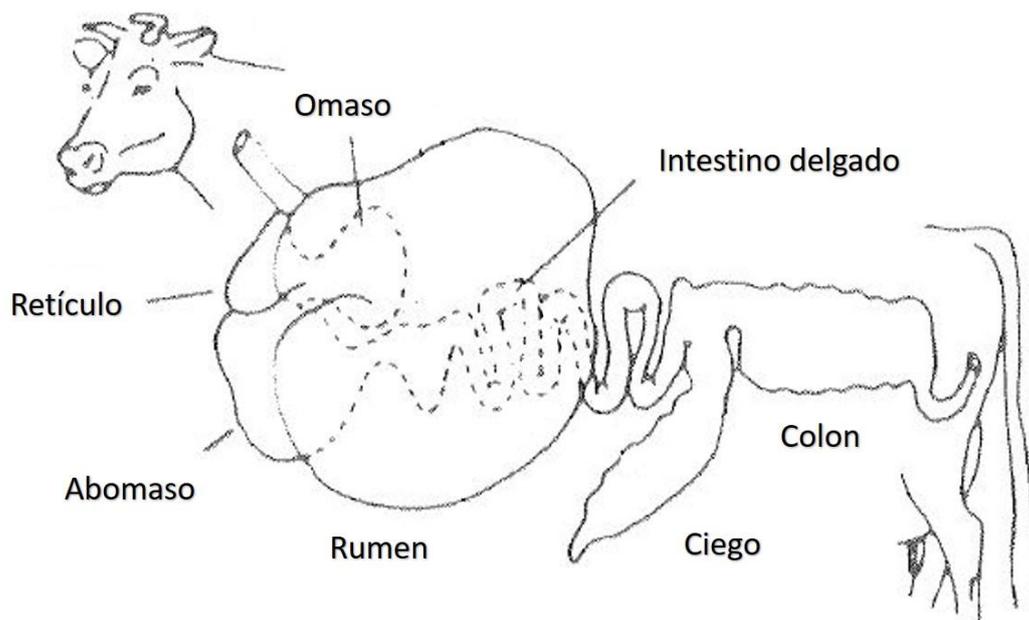


Figura 1. Anatomía digestiva de los rumiantes. (Fuente: Carlos Fernández)

La primera cavidad del estómago es el rumen, el cual está conectado al esófago. En el rumen existe un ambiente ideal, anaeróbico y con pH ácido, para el mantenimiento de una población microbiana, en la que se pueden encontrar hongos, protozoos y bacterias, tales como celulolíticas, amilolíticas, proteolíticas o las metanogénicas. La población microbiana, junto con la capacidad de retención del alimento en el rumen, se encarga de la degradación y fermentación de los carbohidratos, como celulosas o hemicelulosas, y otros polisacáridos presentes en la dieta. Los carbohidratos más complejos son degradados a azúcares más sencillos y de estos a ácido pirúvico, el cual será utilizado por los microorganismos siguiendo diferentes rutas metabólicas, en las que se obtendrá como producto final distintos ácidos grasos volátiles, siendo los principales ácido acético, butírico y propiónico, los cuales serán absorbidos por el organismo, principalmente en el rumen y en el retículo, y utilizados como fuente de energía.

El retículo se encarga de la retención y movilización del alimento hacia el rumen, en el caso de las partículas de alimento más gruesas para realizar la rumia, o hacia el omaso en el caso de las partículas más finas y degradadas.

La función del omaso es la de impulsar el bolo alimenticio, generado en las primeras cavidades estomacales, hacia el abomaso y la de absorción de agua, minerales y algunos ácidos grasos volátiles que no se hayan absorbido previamente.

La última cavidad del estómago, el abomaso, el cual se asemeja al estómago de un monogástrico. En esta cavidad se segregan jugos gástricos, los cuales provocan la digestión enzimática de las proteínas, preparándolas para su posterior absorción.

Una vez el alimento ya ha pasado por las diferentes cavidades del estómago, los nutrientes obtenidos por todos los procesos de degradación son absorbidos en el intestino delgado, al igual que el agua restante en el alimento y los minerales presentes en el alimento.

Por último, en el ciego se produce la fermentación de los productos no digeridos y el colon absorbe minerales y agua restante, quedando finalmente los productos no digeridos que formarán las heces.

A causa del metabolismo de la flora microbiana en el rumen se producen gases como metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e hidrógeno (H). El ritmo de producción de gases en el rumen es muy rápido tras la comida, llegando en algunos casos hasta los 30 litros a la hora en vacas, siendo la composición de estos del 40% de  $\text{CO}_2$ , entre el 30-40% de  $\text{CH}_4$ , 5% de H y otros gases como oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y nitrógeno (N) en menor cantidad derivados de la respiración (McDonald et al., 2011). Estos gases producidos por fermentación entérica son gases de efecto invernadero (GEI) los cuales contribuyen al cambio climático. Según la FAO (2016), tal y como se observa en la figura 2, la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (ASOUT) fue, en 2010, el segundo sector con mayor cuota de emisiones de gases de efecto invernadero, tan solo por detrás del sector energético.

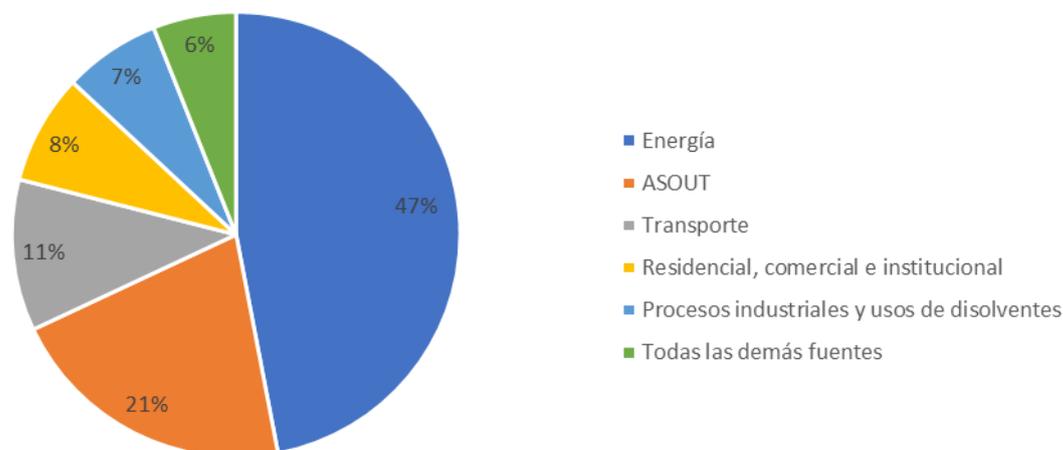


Figura 2. Cuotas de emisiones de gases de efecto invernadero de los sectores económicos en 2010. (Fuente: FAO, 2016)

De la emisión de gases de efecto invernadero los más importantes son el  $\text{CO}_2$ , el  $\text{CH}_4$ , y el Óxido nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ). En la tabla 1 se observa para cada GEI, la emisión por sector y su contribución a las emisiones totales. En la tabla se puede observar que, en gigatoneladas de  $\text{CO}_2$ , las mayores emisiones debidas al sector ASOUT son de  $\text{CO}_2$ , sin embargo, al observar a nivel de todos los sectores, las mayores proporciones de GEI debidas al sector ASOUT son de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ .

Tabla 1. Emisiones de los principales gases de efecto invernadero por todos los sectores y por la agricultura, la actividad forestal y el uso de la tierra (ASOUT) en 2010. (Fuente: FAO, 2016).

| Emisiones                             | Todos los sectores                           | ASOUT | ASOUT       |                                       | Contribución de ASOUT como proporción total | Proporción de las emisiones de gases en el total de ASOUT |
|---------------------------------------|----------------------------------------------|-------|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                                       |                                              |       | Agricultura | Actividad forestal y uso de la tierra |                                             |                                                           |
|                                       | Gigatoneladas de CO <sub>2</sub> equivalente |       |             |                                       | (%)                                         |                                                           |
| Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) | 38                                           | 5,2   |             | 5,2                                   | 13,6                                        | 48,7                                                      |
| Metano (CH <sub>4</sub> )             | 7,5                                          | 3,2   | 2,9         | 0,3                                   | 42,3                                        | 29,7                                                      |
| Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)      | 3,1                                          | 2,3   | 2,2         | 0,1                                   | 75                                          | 21,6                                                      |
| Otros                                 | 0,8                                          |       |             |                                       | 0                                           | 0                                                         |
| Total de emisiones                    | 49,4                                         | 10,7  | 5,1         | 5,6                                   | 21,5                                        | 100                                                       |

En la figura 3 se puede observar que, de todas las emisiones del sector agrícola en CO<sub>2</sub> equivalente para el año 2014, la principal fuente de emisiones derivadas de la agricultura fue debida a la fermentación entérica de la ganadería. Con los datos de esta figura, junto con los datos de la tabla 1, se puede observar que el metano producido por la fermentación entérica debida a la alimentación de los rumiantes es de gran importancia en el medio ambiente.

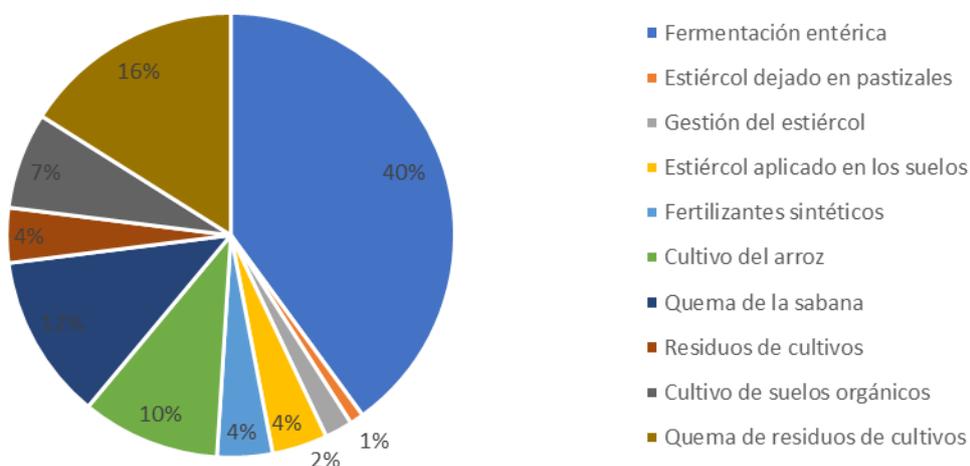


Figura 3. Proporción de las emisiones agrícolas en CO<sub>2</sub> equivalente en 2014, por origen y a nivel mundial. (Fuente: FAO, 2016).

De entre todos los rumiantes, las especies de rumiante más utilizadas en ganadería son vacuno, ovino y caprino. Cada una de estas especies posee características diferentes por lo que la contribución a las emisiones de gases es diferente. Como se observa en la tabla 2, según la FAO (FAOSTAT, 2017) el mayor número de cabezas en Europa en 2017 es de ganado ovino, sin embargo, se puede observar que las emisiones del ganado vacuno son mucho mayores, siendo en mayor medida en el caso de las emisiones de metano.

*Tabla 2. Emisiones de gases producidas por las principales especies de rumiantes en Europa el año 2017. (Fuente: Elaboración propia).*

| Tipo de ganado | Nº de cabezas | Emisiones de CH4 entérico (Gigagramos) | Emisiones de CH4 entérico por cabeza (Gigagramos) | Emisiones de CO2 equivalente entérico (Gigagramos) | Emisiones de CO2 equivalente entérico por cabeza (Gigagramos) |
|----------------|---------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Vacuno         | 89.828.644    | 64.394.711                             | 0,72                                              | 633.634.316                                        | 7,05                                                          |
| Ovino          | 99.387.486    | 7.941.648                              | 0,08                                              | 166.774.605                                        | 1,68                                                          |
| Caprino        | 15.157.721    | 757.886                                | 0,05                                              | 15.915.607                                         | 1,05                                                          |

En los datos presentados en la anterior tabla se muestra que ignorando el número de cabezas se puede afirmar que el ganado caprino es el menor contribuyente a la emisión de gases, siendo la especie de rumiante de las mencionadas que menores emisiones por fermentación entérica genera.

## 1.2. El sector caprino en España y en la Comunidad Valenciana

El sector caprino español tiene una gran importancia a nivel europeo. En el año 2016, con un censo de 3.088.035 de cabezas de ganado caprino (FAOSTAT), España representó el 18,2 % del censo total de ganado caprino de la Unión Europea, alcanzando así el segundo lugar, por detrás de Grecia con un 23,1 % del censo total, en lo que refiere a volumen de ganado caprino.

En España, en ese mismo año, las comunidades autónomas que acumularon la mayor proporción del censo fueron Andalucía, con un 36,1 % del censo total, y Castilla-La Mancha con el 19,9 %. En el caso de Valencia, se situó en el séptimo puesto en cantidad de censo con una cantidad de 74.933 de cabezas de ganado (2,4 % del censo total), por detrás de Castilla y León con un 4,9 % del total y por delante de Cataluña con 2,3 %, puesto en el que se ha mantenido desde el 2015 y hasta el 2017 con un aumento del censo en 1500 cabezas entre el 2016 y 2017. (MAPAMA. El sector ovino y caprino de leche en cifras. Principales indicadores económicos. Año 2018)

Por otra parte, tal y como se observa en la figura 4, a nivel nacional se produjo un descenso del número de cabras hasta el año 2015, llegando a descender del millón de animales. Sin embargo, a partir de este año el número de cabras de ordeño aumentó hasta un 35,1 % entre los años 2015 y 2017, llegando hasta las 1.328.278 cabras, más de 200.000 cabras del censo registrado en 2012. (MAPAMA, 2018).

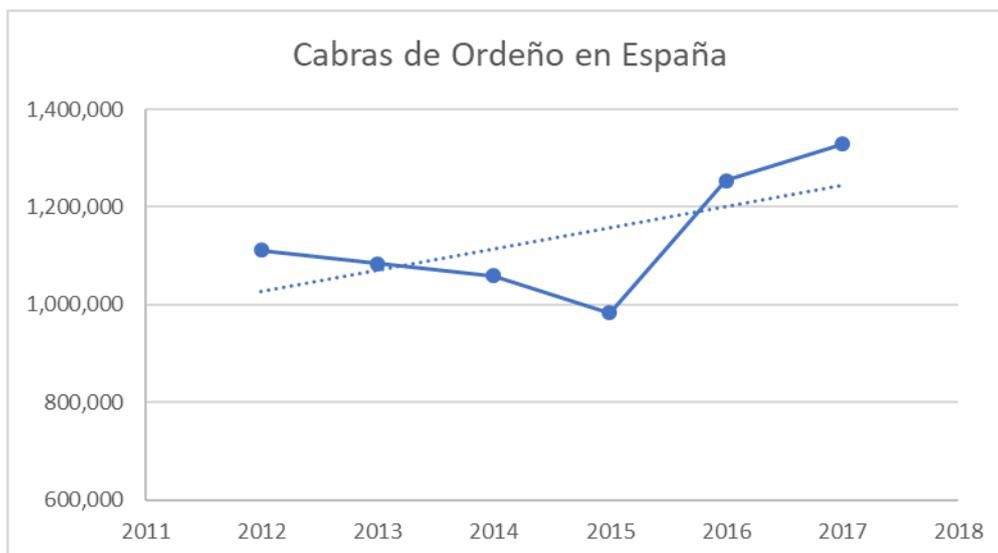


Figura 4. Número de cabras de ordeño en España 2012-2017. (Fuente: Elaboración propia).

En el 2016, el sector ovino-caprino, tanto para la producción de carne como de leche, llegó a representar el 4,2 % de la Producción Final Agraria (PFA) en España alcanzando los 1.956,4 millones de euros. De la producción ganadera, este sector ocupó el quinto lugar de la producción final ganadera con el 11,5 % de su producción, justo por detrás del 12 % del vacuno de leche. (MAPAMA, 2016). En el año 2016, España representó el 16,2 % de la producción total de leche de cabra de la Unión Europea con un total de 410.977 de toneladas de leche (FAOSTAT). Estos datos ponen de manifiesto la importancia del sector a nivel europeo.

En la Comunidad Valenciana, en el año 2013 se produjeron un total de 108,3 toneladas de carne de cabra. Tras una bajada en la producción de 30 toneladas de carne entre los años 2016 y 2017 se ha producido un aumento del volumen de producción del 28,9 % en 5 años. En el caso de la producción de leche, en 2013 se produjo 13.160,96 miles de litros de leche de cabra. Tras un gran descenso del 28,2 % de la producción en 2014, el volumen de miles de litros producidos ha ido en aumento hasta alcanzar los 11.338,68 miles de litros en 2017. (CONSELLERIA D'AGRICULTURA, PESCA I ALIMENTACIÓ, 2013,2014,2015,2016,2017). Como se observa en la figura 5, en los últimos años, la producción de leche (eje izquierdo) ha ido en aumento en los últimos 4 años, en cambio se observa un descenso de producción de carne (eje derecho) en los últimos 3 años, manteniéndose por encima de la producción del año 2013.

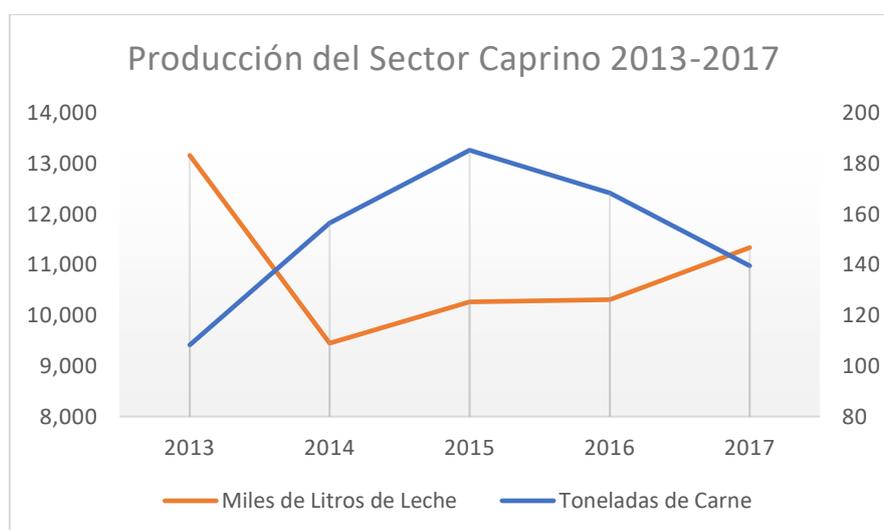


Figura 5. Producción del sector caprino desde el 2013 al 2017. (Fuente: Elaboración propia).

### 1.3. Gestión de la paja de arroz

Según los datos publicados por el MAPAMA entre los años 2016 y 2017, la superficie cultivada de arroz en España fue de 109.411 ha. De toda la superficie de arroz cultivada, la Comunidad Valenciana, con 15.087 ha, estuvo entre las cuatro comunidades autónomas con mayor superficie cultivada junto a Andalucía, Extremadura y Cataluña como las tres principales. De la superficie cultivada en la Comunidad Valenciana se produjeron 116.836 t, las cuales representaron el 14 % de la producción nacional, concentrándose su cultivo principalmente en el Parque Natural de l'Albufera. (Ribó et al. 2017).

Tras la recolección, a finales de septiembre, quedan los sobrantes de la planta desecada, lo que se llama paja de arroz. Debido a que la recolección de todo el arroz se realiza en pocas semanas, la paja de arroz se produce muy rápidamente por lo que alcanza un volumen de residuo elevado. De forma estándar, se producen entre 5 y 6 toneladas de paja por hectárea de arroz, por lo que, en la Comunidad Valenciana, y más en concreto en la zona de l'Albufera, se llegan a producir entre 75.000 y 90.000 toneladas al año.

Tradicionalmente, la práctica más extendida para gestionar la paja de arroz ha sido la de la quema del residuo. El objetivo de esta práctica es la de destruir patógenos y semillas de malas hierbas que puedan afectar al cultivo y, junto con la facilidad de su realización, se ha convertido en la práctica más extendida por los arroceros. Sin embargo, a causa de la quema de la paja se producen gran cantidad de contaminantes ambientales.

Un ejemplo de la producción de gases contaminantes es el obtenido en un estudio elaborado por Sanchis et al. (2014) en el que se estudió la emisión de gases producidos durante la combustión de la paja obtenida de un arrozal del Parque Natural de La Albufera, en el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub> podían oscilar entre los 692 y 835 g CO<sub>2</sub> por kg de paja seca. Por otra parte, en ese mismo estudio se obtuvo como conclusión que, a la hora de producirse la combustión, se produjeron mayores niveles de gases contaminantes en la paja de arroz con mayor humedad, poniendo de manifiesto que, si no se deseca bien el residuo, la producción de gases puede ser incluso mayor.

A causa de la producción de gases contaminantes, la quema de la paja de arroz ha sido restringida en muchos países, e incluso se han puesto condicionantes en la entrega de ayudas por parte de la Política Agraria Común (PAC), favoreciendo así modelos de gestión de la paja de arroz alternativos, tales como retirar la paja o triturarla e incorporarla al suelo para el siguiente cultivo.

De las alternativas nombradas, según indican Sanchis et al. (2014), en un estudio comparando las emisiones según distintos modelos de gestión de la paja, en la que se produce menor cantidad de gases contaminantes es mediante la retirada de la paja para su posterior aprovechamiento.

Al someter la paja a procesos físicos y químicos para hacerla apta para su utilización como alimento para rumiantes, su valor nutritivo es de 15,1% de humedad, 4,4% de proteína, 12,9% cenizas, 83,7% de FND y 57,2% de FAD (Fernández y Bacha, 2004).

## 1.4. Gestión de los restos de la poda de cítricos

La importancia del sector citrícola español es indiscutible. Su importancia llega a nivel mundial, siendo el sexto país, a nivel mundial, con mayor superficie de cultivo de cítricos con 339.151 ha de promedio entre los años 2013 y 2016. Esta cantidad de superficie pone a España por detrás de China, India, Nigeria, Brasil y México, por orden de mayor a menor superficie, y por delante de muchos grandes países, como es el caso de los Estados Unidos de América, el cual alcanza la séptima posición con 20.000 ha menos que España (FAOSTAT). A nivel europeo, España es el país con mayor superficie cultivada de cítricos, por delante de Italia con una diferencia de casi 190.000 ha.

Sin embargo, a nivel productivo, la posición de los países situados en primeros lugares varía, manteniendo China el primer puesto, seguido de Brasil, India, Estados Unidos de América, que pasa del séptimo puesto en superficie cultivada al cuarto productor, México y en sexto lugar se mantiene España, con una producción media de 6.996.946 toneladas de cítricos entre los años 2013-2016. En Europa, España sigue ocupando el primer puesto a nivel productivo, con una diferencia media entre 2013 y 2016, de 4.200.000 toneladas aproximadamente con Italia en el segundo puesto.

A nivel nacional, en 2017, la superficie de cítricos alcanzó las 297.016 ha, de las cuáles, predominaron los cultivos de naranja dulce, con el 48,7 % de la superficie, y el mandarino, con el 36,1 % de la superficie. De toda la superficie cultivada, algo más de la mitad se encuentra en la Comunidad Valenciana, teniendo una superficie de cítricos de 158.859 ha, de las cuales predominan casi en la totalidad el naranja dulce y el mandarino, con 70.162 y 75.477 ha respectivamente. A nivel productivo, no existe mucha variación respecto a las superficies, del total de cítricos producidos en España, contabilizado en 6.330.626 t, el naranja dulce y la mandarina acumulan el 83,9 % de toda la producción, y, al igual que ocurre con la superficie, el 50 % de los cítricos son producidos en la Comunidad Valenciana, seguida de Andalucía, cuya producción abarca el 34,1 % de la producción de cítricos. Todo esto remarca la gran importancia del sector citrícola valenciano tanto a nivel nacional como a nivel europeo y mundial.

Con el objetivo de maximizar la producción, la poda se utiliza como herramienta para el control del desarrollo del árbol, favorecer el transporte de nutrientes dentro del árbol, eliminar ramas que dañen los frutos, favorecer la aireación y la llegada de luz al árbol, facilitar la realización de labores como los tratamientos fitosanitarios o la recolección. Por lo tanto, la poda es una labor que, aunque puede ser de frecuencia variable, siempre se realiza durante el cultivo de cítricos.

Un problema derivado de la poda son los restos sobrantes, entre los que se encuentran ramas y hojas. Estos restos de poda tradicionalmente se han quemado con el objetivo de eliminar patógenos, con la consecuente producción de gases contaminantes y aumento del riesgo de provocar incendios forestales. Otra opción que se ha realizado es la de contratar una empresa externa que se haga cargo de los restos, sin embargo, suele ser una tarea de alto valor económico.

Se han hecho diversas valoraciones sobre la posibilidad de utilizar diferentes subproductos del cultivo de cítricos, tal y como hicieron Bampidis y Robinson en 2006. Sin embargo, pocos estudios se pueden encontrar sobre la valoración de las hojas de cítricos para el uso en alimentación animal.

Por otra parte, según Hernández et al. (1992), "las hojas de limonero desecadas al sol, constituyen un recurso capaz de cubrir las necesidades de mantenimiento e incluso de baja producción o en otro caso, integrar la fracción de volumen para raciones de alta producción con concentrados, en la especie caprina". Por lo tanto, otro uso que se le puede dar a los restos de poda de cítricos puede ser el de su utilización para nutrición animal.

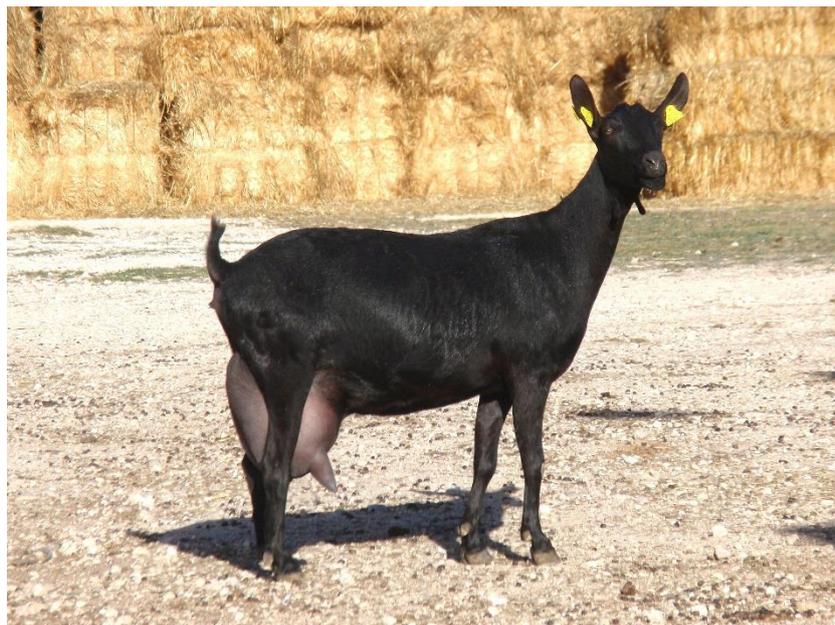
## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo, es el de valorar el efecto de la incorporación de hoja de naranjo y paja de cereal en el concentrado de la dieta del ganado caprino sobre su rendimiento productivo. Para ello, se estudiará el efecto sobre la digestibilidad, el ambiente ruminal, el balance energético y sobre la producción lechera, derivado de la sustitución de gran parte de la cebada incluida en el concentrado de una dieta común para rumiantes, por los subproductos del cultivo de naranjos y del cultivo del arroz.

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS

### 3.1. Animales

Para la realización de este trabajo se han utilizado cabras adultas de la raza Murciano-Granadina (Figura 6) pertenecientes a la granja de pequeños rumiantes del Departamento de Ciencia Animal de la Universitat Politècnica de València. Estos animales se dividieron en dos locales colectivos, en los que fueron alimentados con forraje similar y distinto concentrado, al mismo tiempo disponían de bebederos capaces de ofrecer agua fresca y limpia en todo momento.



*Figura 6. Hembra raza Murciano-Granadina. (Fuente: MAPAMA).*

### 3.2. Alimentación

La dieta ofrecida a cada grupo se basaba en forraje y concentrado, siendo este último diferente entre ambos grupos. Las dietas se ofrecieron en un ratio forraje:concentrado de 0,37:0,63.

Por una parte, se ofreció una dieta control (CON) basada en heno de alfalfa como forraje y un concentrado rico en cebada. Al grupo experimental se le ofreció una dieta denominada naranja (NAR), con el mismo forraje y, a diferencia del grupo control, un concentrado en el que se sustituyó casi toda la cebada por hoja de naranja y paja de arroz.

Los ingredientes y la composición química de ambas dietas se pueden observar en la tabla 3. Como se puede observar en dicha tabla, ambas dietas tienen ingredientes comunes con cantidades diferentes, y, en el caso de la cascarilla de soja y el aceite de soja están presente en tan solo una de las dos dietas. Estas diferencias en las materias primas están pensadas para obtener dietas con un valor nutritivo parecido. Las dietas están elaboradas para ser isoenergéticas, en cambio, esto no quiere decir que tengan una composición química similar. Tal y como se observa en el apartado de composición química de las dietas casi todos los parámetros nutritivos son muy parecidos hasta llegar a la fibra, se observa que en el caso de la dieta CON la fibra neutro detergente (FND) llega a ser casi un 10 % superior que en la dieta NAR.

Tabla 3. Ingredientes y composición de las dietas experimentales

| Item                                 | Dietas <sup>1</sup> |     |
|--------------------------------------|---------------------|-----|
|                                      | CON                 | NAR |
| <b>Ingredientes, g/kg MS</b>         |                     |     |
| Heno Alfalfa                         | 370                 | 370 |
| Cebada                               | 256                 | 32  |
| Hoja naranja                         | 0                   | 189 |
| Paja arroz                           | 0                   | 120 |
| Cascarilla de soja                   | 221                 | 0   |
| Guisante primavera                   | 63                  | 126 |
| Haba caballar                        | 63                  | 120 |
| Melaza de remolacha                  | 13                  | 13  |
| Aceite de soja                       | 0                   | 19  |
| Carbonato cálcico                    | 8                   | 6   |
| Cloruro sódico                       | 3                   | 2   |
| Fosfato bicálcico                    | 2                   | 2   |
| Premix <sup>2</sup>                  | 3                   | 3   |
| <b>Composición química, % de MS</b>  |                     |     |
| Materia Seca                         | 93                  | 94  |
| Materia Orgánica                     | 86                  | 83  |
| Cenizas                              | 7                   | 11  |
| Proteína Bruta                       | 18                  | 18  |
| Extracto Etéreo                      | 2                   | 3   |
| FND                                  | 42                  | 35  |
| FAD                                  | 25                  | 22  |
| LAD                                  | 3                   | 4   |
| NFC <sup>3</sup>                     | 31                  | 33  |
| Almidón                              | 18                  | 12  |
| Carbono                              | 42                  | 42  |
| Nitrógeno                            | 3                   | 3   |
| Carbono:Nitrógeno                    | 15                  | 15  |
| Energía Bruta, MJ/kg MS <sup>4</sup> | 17                  | 16  |

<sup>1</sup> CON = Control; NAR = Hoja de naranja y paja de arroz.

<sup>2</sup> Proporcionado por NACOOOP S.A. España. Composición Premix (ppm o UI por kilogramo de premix): Se, 40; I, 250; Co, 80; Cu, 3000; Fe, 6000; Zn, 23400; Mn, 29000; S, 60000; Mg, 60000; vitamina A, 2000000 UI; vitamina D3, 400000; vitamina E, 2000 ppm; ácido nicotínico, 10000; colina, 20300.

<sup>3</sup> NFC = Contenido en carbohidratos no fibrosos: 100-(NDF+ash+CP+EE).

<sup>4</sup> MS = Materia seca.

### 3.3. Instalaciones

El trabajo realizado se pudo dividir en dos fases, una fase de campo y una fase de análisis químicos.

Durante la fase de campo, los grupos colectivos de animales se alojaron en los corrales de la granja de pequeños rumiantes, localizada en la zona de granjas experimentales del Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Politécnica de Valencia (Edificio 7H).

Por otra parte, durante la fase de campo, se utilizaron las dos instalaciones situadas en el lateral de la nave.

En la instalación mayor, se encuentra una sala habilitada para realizar las pruebas de digestibilidad, la cual estaba equipada con 10 jaulas metabólicas, las cuales disponen de un comedero tipo tolva extraíble, para facilitar el manejo de la ración, y de un bebedero tipo cazoleta para el suministro de agua fresca y limpia en todo momento. El suelo de estas jaulas se encuentra separado en dos zonas. Una zona limpia más cercana al comedero, de suelo liso donde el animal puede acostarse, y otra zona más sucia equipada con un suelo con rejilla de grandes orificios para permitir la evacuación de las heces y la orina hacia una rejilla de orificios de menor diámetro, con lo que se conseguirá separar las heces de la orina, la cual pasará a una bandeja con pendiente en “V” en dirección a un orificio de salida al que se conectarán unas garrafas para almacenar la orina excretada.

En el caso de la instalación de menor tamaño, se encontraba la sala de respirometría, la cual contaba con unas jaulas similares a las metabólicas, adaptadas para la instalación del equipo de medición de gases en la zona de alimentación del animal, con lo que se pudo realizar la medición de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> emitidos por el animal debido a su respiración.

La fase de análisis químicos se realizó en diferentes localizaciones dentro de los edificios correspondientes al Departamento de Ciencia Animal. En primer lugar, tras la obtención de muestras, algunas se prepararon para su análisis en la fábrica de pienso situada en el recinto de la zona de granjas experimentales. Una vez obtenidas y preparadas las muestras, estas se analizaron en el laboratorio de nutrición animal, situado en la segunda planta del edificio del Departamento de Ciencia Animal.

### 3.4. Procedimiento experimental

El procedimiento experimental, realizado durante la fase de campo, abarcó todas las fases en las que se ha estado en contacto con los animales utilizados en el ensayo. Durante este procedimiento se obtuvieron las muestras que posteriormente pasarían al laboratorio para los análisis químicos. Durante este proceso se diferenciaron 5 fases, las cuales siguieron la misma secuencia durante las dos veces que se realizó este procedimiento. En la tabla 4 se puede observar el esquema semanal seguido para el procedimiento experimental.

Tabla 4. Organización del procedimiento experimental (Fuente: Elaboración propia).

| LUNES            | MARTES           | MIÉRCOLES        | JUEVES           | VIERNES                         | SÁBADO           | DOMINGO          |
|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------------------|------------------|------------------|
| ADAPTACIÓN DIETA                | ADAPTACIÓN DIETA | ADAPTACIÓN DIETA |
| ADAPTACIÓN JAULA                | ADAPTACIÓN JAULA | ADAPTACIÓN JAULA |
| DIGESTIBILIDAD   | DIGESTIBILIDAD   | DIGESTIBILIDAD   | DIGESTIBILIDAD   | DIGESTIBILIDAD + RUMEN & SANGRE |                  |                  |
| GASES            | GASES            | GASES            | GASES            | GASES                           |                  |                  |
| LUNES            | MARTES           | MIÉRCOLES        | JUEVES           | VIERNES                         | SÁBADO           | DOMINGO          |
| ADAPTACIÓN DIETA                | ADAPTACIÓN DIETA | ADAPTACIÓN DIETA |
| ADAPTACIÓN JAULA                | ADAPTACIÓN JAULA | ADAPTACIÓN JAULA |
| DIGESTIBILIDAD   | DIGESTIBILIDAD   | DIGESTIBILIDAD   | DIGESTIBILIDAD   | DIGESTIBILIDAD + RUMEN & SANGRE |                  |                  |
| GASES            | GASES            | GASES            | GASES            | GASES                           |                  |                  |

### 3.4.1. Adaptación a dieta

Los animales, previamente separados en grupos, fueron alimentados con la dieta correspondiente a su grupo experimental. Esta fase tuvo una duración de 7 días, en los que el rumen de los animales se tiene que adaptar a la nueva alimentación suministrada. Junto con la fase de adaptación a las jaulas, son fases de gran importancia debido a que durante el periodo de adaptación se eliminan los restos de la alimentación que hayan tenido anteriormente y que afecten de forma distinta a la fisiología del animal, lo que puede derivar en errores a la hora de sacar conclusiones.

### 3.4.2. Selección de animales

Tras el paso del periodo de adaptación a las dietas en los corrales, se seleccionaron 5 cabras de cada grupo. A la hora de seleccionar los animales se tuvo en cuenta el peso de estos, el estado de lactación y producción de leche, con el objetivo de obtener la mayor homogeneidad entre las características de los animales. El peso de los animales seleccionados fue de entre los 39 y 55,5 Kg, obtenido gracias a una báscula de pequeños rumiantes.

### 3.4.3. Adaptación a jaulas

Una vez seleccionados los animales, estos se subieron a las jaulas metabólicas mencionadas anteriormente. Antes de recoger cualquier tipo de muestra, los animales permanecieron un periodo de tiempo de 5 días de adaptación a la estancia en las jaulas.

Los animales se dispusieron alternándose animales del grupo de dieta NAR con los del grupo CON, quedando una distribución como se ve en la siguiente figura.



*Figura 7. Jaulas de digestibilidad y orden de distribución de las raciones. (Fuente: Elaboración propia).*

Durante este periodo de tiempo, las jaulas, junto con los comederos y bebederos, se limpiaron diariamente para mantener unas condiciones higiénicas adecuadas para el animal. Por otra parte, se les suministró su ración diaria de alimento en dos tomas de 500 g de forraje y 850 g de concentrado. Al mismo tiempo, los bebederos de las jaulas están conectados a la red de agua de la granja, por lo que tuvieron suministro de agua limpia y fresca durante todo el día.

Otra tarea muy importante que se tuvo que realizar durante la estancia en las jaulas fue la del ordeño. En este caso, al tener que permanecer en las jaulas, el ordeño se realizó una vez al día mediante una ordeñadora portátil, la cual permitía ordeñar 2 animales al mismo tiempo. Al no cogerse muestras durante esta fase, se pudo ordeñar los 10 animales y almacenar su leche en el depósito portátil de la máquina de ordeño. Un problema del equipo utilizado es que carece de filtro, por lo que la leche ordeñada puede tener tanto pelos como suciedad de las ubres, por lo que se realizó un filtrado de la leche antes de introducirla al tanque de frío de la granja para evitar la contaminación de la leche del resto de las cabras de la granja.

Tras el ordeño, los pezones de las ubres eran desinfectados y sellados con una solución de yodo con el objetivo de evitar infecciones por mamitis. Por otra parte, también se realizaba la limpieza de la máquina de ordeño.

### 3.4.4. Digestibilidad

Una vez acabado el periodo de adaptación a las jaulas daba comienzo la fase de digestibilidad.

Las labores que se realizaron en esta fase eran similares a las ya comentadas anteriormente. Sin embargo, a diferencia de en la fase de adaptación a jaula, en esta fase se contabilizaron los rehusados que el animal no ingería debido a que no los comía o a causa de la caída o desplazamiento de los comederos. Una vez pesados en una báscula, se les distribuía la nueva toma para el día.

En esta fase se contabilizaron, mediante básculas y probetas graduadas, tanto el peso de las heces excretadas por cada uno de los animales como el volumen y peso de la orina.

Tras pesar y medir el volumen de las excreciones, se tomaron muestras de heces superiores a 200 g para su posterior congelación, y, en el caso de la orina, se tomó y congeló una muestra de la orina de cada animal para la realización de las pruebas de carbono y nitrógeno (CN).

Por otra parte, igual que en la fase anterior, se realizó el ordeño de los animales diariamente con la máquina de ordeño, con la diferencia de que se realizó de forma individual para cada animal. En este caso se realizó el pesaje y la medición del volumen de la leche, tras esto, se tomaron varias muestras de leche para congelar y determinar el CN, y otras, a las que se le añadió azidiol para enviar al Laboratorio Interprofesional Lechero de la Comunidad Valenciana (LICOVAL). Tras la toma de muestra y el ordeño de todos los animales, la máquina de ordeño era limpiada y los pezones de los animales tratados con la solución yodada.

El último día de digestibilidad, tras realizar las operaciones comentadas previamente, se realizó la toma de muestra tanto de líquido ruminal como de sangre.

Para la toma de muestra de sangre, se aprovechó que las cabras estaban en las jaulas para poder ayudar de mejor forma a que el personal técnico de la granja realizara la extracción de la sangre con los animales inmovilizados para evitar cualquier daño.

En el caso de la toma de muestra de líquido ruminal, se realizó en los locales colectivos, tras la bajada y el pesaje de los animales. Para ello se utilizó la misma máquina de ordeño, con la diferencia que se conectó una sonda en lugar de las pezoneras, y se conectó un tubo en la salida al depósito para derivar el líquido ruminal a otro recipiente. Una vez extraído se midió el pH del líquido ruminal.

### 3.4.5. Respirimetría

Tras terminar la fase de digestibilidad dio comienzo la de respirimetría, llevada a cabo en la instalación pequeña anexa a la granja experimental. Durante esta fase, de 5 días de duración, se subieron a las jaulas de respirimetría los mismos animales utilizados durante la fase de digestibilidad.

Diariamente se alojan durante 24 horas, en las dos jaulas disponibles, un animal del grupo control y otro del grupo con dieta experimental. La subida a estas jaulas se realizó en torno a las 9:00 de la mañana tras bajar a los animales previamente alojados y realizada la limpieza de las jaulas. Tras las 24 horas de alojamiento, los animales fueron bajados de las jaulas y llevadas a la máquina de ordeño de la granja, desde la que, tras terminar el ordeño, se llevan al local colectivo de su grupo correspondiente.

Una vez alojados los animales se pone en marcha el equipo de medición de intercambio de gases diseñado por Fernández et al. (2012, 2015), con el que se contabilizó el O<sub>2</sub> consumido y el CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> emitidos por la respiración del animal. Los datos obtenidos por el medidor de gases se

almacenaron en una tarjeta de memoria, la cual se extrajo al final de la fase para obtener los resultados.

Durante esta fase es necesario mantener el entorno del animal lo más tranquilo posible, ya que cualquier situación de estrés provocado por un ruido o la entrada en la sala puede producir una variación en la respiración del animal, por lo que se pueden dar resultados anómalos.

### 3.4.6. Cambio de dieta

Una vez terminada la fase de respirometría, y estando los animales en sus correspondientes grupos, estos se cambiaron de local colectivo tras el ordeño en el último día de respirometría. Con este cambio de local se cambió la alimentación de cada grupo, por lo que los animales que previamente se encontraban con la dieta control, ahora disponían de la dieta experimental y viceversa.

Tras el cambio de dieta, las fases del procedimiento experimental se repitieron en el mismo orden. Gracias al cambio de dieta y repetición de las tomas de muestras, se obtuvieron resultados más fiables, ya que todos los animales estuvieron sometidos a las mismas condiciones.

## 3.5. Análisis químicos

Tras la finalización del proceso experimental se obtienen una serie de muestras congeladas, las cuales, debieron ser preparadas en algunos casos para su posterior análisis en laboratorio.

Para realizar los análisis químicos, se descongelaron las muestras de heces y orina. En primer lugar, se obtuvo los porcentajes de materia seca de cada una de las muestras. Para ello, se pesaron 3 gramos de orina en crisoles de porcelana, y, en el caso de las heces, se cogieron muestras cercanas a los 300 g en bandejas de aluminio. Las muestras se introdujeron en una estufa a 80 °C durante 24 horas en el caso de la orina, y en el caso de las heces, dependiendo de la compactación de las muestras, entre 24 y 48 horas. Tras este periodo de tiempo se extrajeron las muestras y se pesaron, con lo que descontando el peso de las bandejas y de los crisoles se obtuvo el porcentaje de materia seca (%MS) de las muestras aplicando la siguiente fórmula.

$$\% MS = \frac{\text{Peso seco}_{\text{recipiente+muestra}} - \text{Peso}_{\text{recipiente}}}{\text{Peso}_{\text{recipiente}} - \text{Peso}_{\text{bandeja}}} \times 100$$

En el caso de las heces, tras obtener este valor del porcentaje de materia seca de cada animal y día, se realiza un pool de las muestras de cada día juntando las muestras de heces del grupo de dieta control y por otro lado las muestras del grupo con dieta experimental. Una vez obtenidos los pools, estos fueron molidos en primer lugar con un molino para partículas gruesas y en segundo lugar con otro molino para obtener un tamaño de partícula más fino. Con esto, se obtuvo un total de 16 pools para la realización de los análisis químicos.

En el caso de los análisis de la composición química de las dietas CON y NAR, así como la alfalfa utilizada como forraje y las dos materias primas a valorar en la dieta NAR, hoja de naranjo y paja de arroz, se analizaron las muestras por triplicado, y, en el caso de los análisis químicos de las muestras sacadas de los pools de heces y orina se realizaron por duplicado.

Se realizaron los análisis de materia seca (MS), cenizas (CE), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE) o grasa bruta (GB), y fibra bruta (FB) siguiendo los métodos oficiales de la Asociación Oficial de Analítica Química (AOAC, 2000).

El contenido en almidón de la alfalfa utilizada como forraje, de los concentrados, de la hoja de naranja y la paja de arroz se valoró mediante el método Boehringer 716251.

Se valoró la fibra bruta siguiendo el esquema Van Soest, con el que se determinó la fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y la lignina ácido detergente (LAD) mediante el sistema ANKOM, siguiendo los métodos oficiales de la AOAC (2000).

La determinación de los ácidos grasos volátiles del rumen se basó en el método descrito por Jouany (1982) utilizando un cromatógrafo de gases (serie Fisons 8000; Fisons Instruments SpA, Milán, Italia).

La valoración energética de las muestras fue determinada con una bomba calorimétrica adiabática (Gallenkamp Autobomb) en un laboratorio externo.

La cantidad de nitrógeno y carbono de todas las muestras fue obtenida mediante un analizador elemental LECO CN628 (TruSpec CN; Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA), siguiendo el principio de Dumas.

Se mandaron muestras de leche al Laboratorio Interprofesional de la Comunidad Valenciana (LICOVAL), donde se realizaron los análisis para obtener la proporción de grasa, así como su perfil de ácidos grasos, proteína, lactosa, extracto seco magro y extracto quesero de las muestras de leche.

### 3.6. Cálculo y análisis de datos

Para la obtención del grado de utilización durante la digestión de la ración se utilizaron los Coeficientes de Digestibilidad (CD), siendo calculados con la siguiente ecuación.

$$CD(\%) = \frac{\text{Ingerido}_{\text{Dieta}} - \text{Excretado}_{\text{Heces}}}{\text{Ingerido}_{\text{Dieta}}} \times 100$$

Para la obtención de la Energía Metabolizable ingerida ( $EM_i$ ) se procedió mediante el siguiente balance de energía. La energía perdida debido a la emisión de metano es obtenida mediante el factor de conversión del volumen de metano emitido 39 kJ/l  $CH_4$  (Brouwer, 1965)

$$EM_i = EB_{\text{ingerida}} - (E_{\text{heces}} + E_{\text{orina}} + E_{CH_4})$$

Para la determinación de la Energía Retenida por el cuerpo ( $ER_{\text{cuerpo}}$ ) se modificó el balance energético mostrado anteriormente añadiendo una componente de Producción de Calor (PC) y otra de Energía Retenida en la leche ( $ER_{\text{leche}}$ ).

$$ER_{\text{cuerpo}} = EB_{\text{ingerida}} - (E_{\text{heces}} + E_{\text{orina}} + E_{CH_4} + ER_{\text{leche}} + PC)$$

La PC se obtuvo por calorimetría indirecta en el caso de la orina, y mediante intercambio de gases obtenidos en la fase de respirometría. Para su cálculo se siguió la siguiente expresión.

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

A la hora de analizar los datos obtenidos se utilizó un modelo lineal general, en el que se estableció como efectos fijos la dieta y las digestibilidades obtenidas en las dos fases de digestibilidad. El ensayo siguió un diseño cruzado donde cada cabra tuvo a su disposición las dietas CON y NAR en dos periodos de 5 días diferentes. Para comparar las medias se utilizó un test t. Para realizar los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico SAS (2010).

El modelo utilizado en el análisis de datos fue el siguiente:

$$Y_i = \mu + D_i + C + X + D_i \times X + \varepsilon_i$$

Dónde:

- $Y_i$ = Variable dependiente
- $\mu$ = Término independiente
- $D_i$ = Efecto de la dieta
- $C$ = Efecto de la Cabra
- $X$ = Efecto de la Digestibilidad
- $D_i \times X$ = interacción Dieta por número de Digestibilidad
- $\varepsilon_i$ = Error aleatorio

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se mostrarán los resultados derivados de los análisis realizados y la interpretación de los análisis estadísticos realizados para ellos.

En primer lugar, en la tabla 5, se muestran los valores referentes a los pesos medios de las cabras utilizadas, así como la materia seca ingerida y los coeficientes de digestibilidad obtenidos para cada fracción de la materia seca.

Tabla 5. Peso Corporal, Ingestión, y coeficientes de digestibilidad aparente de las cabras Murciano-Granadina (n = 10) a mitad de la lactación acorde al tipo de dieta.

| Item <sup>1</sup>         | Dieta <sup>2</sup> |       | SEM <sup>3</sup> | P-value |
|---------------------------|--------------------|-------|------------------|---------|
|                           | CON                | NAR   |                  |         |
| PC, kg                    | 45,7               | 45,0  | 0,52             | 0,491   |
| PC, kg <sup>0,75</sup>    | 17,6               | 17,4  | 0,15             | 0,463   |
| Total: MSI, kg/d          | 2,204              | 2,257 | 0,0226           | 0,2397  |
| Concentrado: MSI, kg/d    | 1,474              | 1,505 | 0,0107           | 0,001   |
| Forraje MSI, kg/d         | 0,731              | 0,753 | 0,0197           | 0,5734  |
| Ratio Forraje:Concentrado |                    |       |                  |         |
| Digestibilidad, % de MS   |                    |       |                  |         |
| MS                        | 68                 | 60    | 0,61             | 0,001   |
| MO                        | 70                 | 63    | 0,54             | 0,001   |
| PB                        | 70                 | 72    | 0,42             | 0,001   |
| EE                        | 67                 | 71    | 1,00             | 0,001   |
| FND                       | 55                 | 37    | 1,15             | 0,001   |
| FAD                       | 48                 | 34    | 1,03             | 0,001   |
| LAD                       | 31                 | 19    | 1,43             | 0,001   |
| Hemicelulosa              | 65                 | 43    | 1,39             | 0,001   |
| Celulosa                  | 50                 | 38    | 1,01             | 0,001   |
| CNF                       | 91                 | 86    | 0,43             | 0,001   |
| EB                        | 69                 | 62    | 0,54             | 0,001   |

<sup>1</sup> PC = Peso corporal; PC<sup>0,75</sup> = Peso metabólico corporal; MSI = Materia seca ingerida; MS = Materia seca; MO = Materia orgánica; PB = Proteína bruta; EE = Extracto etéreo; FND = Fibra neutro detergente; FAD = Fibra ácido detergente; EB = Energía bruta.

<sup>2</sup> CON = Control; NAR = Hoja de naranja y paja de arroz.

<sup>3</sup> SEM = Error estándar de la media.

Como se puede observar en la tabla anterior, los animales utilizados durante la experimentación fueron de características similares, aunque existe una ligera diferencia no es estadísticamente significativa ( $P > 0,05$ ), al igual que ocurre con el peso metabólico.

Se observa que la ingestión de materia seca es algo inferior en la dieta CON que en la dieta NAR, sin embargo, no es una diferencia estadísticamente significativa. En cambio, al comparar las ingestiones de materia seca provenientes del forraje y del concentrado, se puede ver que en ambas fracciones de la dieta se ha ingerido menor materia seca en la dieta CON, siendo en este caso estadísticamente significativo ( $P < 0,05$ ) la diferencia en la ingesta procedente del

concentrado. Estos resultados pueden ser debidos a la diferencia en la FND presentada en ambas dietas, siendo mayor la proporción de FND sobre la MS presentada en la dieta CON (42 %) que en la dieta NAR (35 %), con lo que coincidiría con los resultados obtenidos por Luginbuhl et al. (2000), según los cuales se observó que la ingesta de materia seca disminuye con el aumento de la FND en la dieta de cabras de raza Boer y sus cruces. Por otra parte, aunque no se realizaron pruebas de durometría para los pellets del concentrado, se pudo observar que los gránulos del concentrado de la dieta CON eran mucho más frágiles que los de la dieta NAR, por lo que se observó, a causa de esto, mayor cantidad de rehusado en forma de polvo en los comederos con la dieta CON.

Por otra parte, los resultados obtenidos en la tabla 5 muestran la existencia de diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en la digestibilidad de todos los diferentes parámetros de composición química de las raciones. En el caso de los animales alimentados con la dieta CON se observa una mejor digestibilidad en el caso de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), todas las fracciones fibrosas (FND, FAD, LAD, Hemicelulosa y celulosa), los carbohidratos no fibrosos (CNF) y la energía bruta (EB). Por otra parte, se observa mejor digestibilidad en el caso de la proteína bruta (PB) y el extracto etéreo (EE) en el caso de la dieta NAR.

En otro ensayo realizado en las mismas instalaciones, Fernández et al. (2019) observó que al cambiar la alfalfa por hoja de naranja como forraje se obtuvo mejor digestibilidad en los valores de MS, MO, EB y EE, y no se observaron cambios significativos en el resto de los parámetros. Aunque en el presente ensayo se ha cambiado la composición del concentrado, añadiendo la paja de arroz las diferencias entre los resultados podrían indicar que la paja de arroz empeora la digestibilidad de la fracción fibrosa.

Otro aspecto importante en la digestión de los rumiantes es la fermentación producida en el rumen. En la tabla 6 se muestran los efectos del cambio de dieta sobre el ambiente ruminal de los animales.

Tabla 6. pH, N-amoniaco ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), y ácidos grasos volátiles (AGV) del rumen de cabras Murciano-Granadina ( $n = 10$ ) a mitad de la lactación acorde al tipo de dieta.

| Item <sup>1</sup>              | Dieta <sup>2</sup> |       | SEM <sup>3</sup> | P-value |
|--------------------------------|--------------------|-------|------------------|---------|
|                                | CON                | NAR   |                  |         |
| pH                             | 6,5                | 6,8   | 0,10             | 0,0553  |
| $\text{NH}_3\text{-N}$ , mg/dL | 14,4               | 14,3  | 0,44             | 0,913   |
| Total AGV, mM/L                | 38,8               | 37,2  | 3,54             | 0,830   |
| Individual AGV, mM/L           |                    |       |                  |         |
| Ácido acético                  | 20,50              | 21,38 | 1,91             | 0,825   |
| Ácido propiónico               | 7,95               | 7,00  | 0,85             | 0,591   |
| Ácido isobutírico              | 0,40               | 0,55  | 0,03             | 0,002   |
| Ácido butírico                 | 8,51               | 6,67  | 0,76             | 0,239   |
| Ácido isovalérico              | 0,47               | 0,67  | 0,04             | 0,006   |
| Ácido N-Valérico               | 0,82               | 0,72  | 0,08             | 0,528   |
| Ácido N-Caproico               | 0,13               | 0,11  | 0,02             | 0,708   |
| Ácido heptanoico               | 0,04               | 0,14  | 0,03             | 0,053   |

<sup>1</sup>  $\text{NH}_3\text{-N}$  = N-amoniaco

<sup>2</sup> CON = Control; NAR = Hoja de naranja y paja de arroz.

<sup>3</sup> SEM = Error estándar de la media.

El pH de ruminal de los animales de cada grupo no baja de 6,5, por lo que se puede considerar que es suficiente para mantener una fermentación ruminal correcta (Krause y Oetzel, 2006; Ørskov and Fraser, 1975). Aunque no se observan diferencias significativas ( $P>0,05$ ), sí que se observa que el pH es menor en el caso de la dieta CON. El pH bajo del rumen se asocia generalmente con una reducción tanto en la digestión de celulosa como en la ingesta voluntaria de forrajes (Lonsdale, Poutiainen & Tayler, 1971), lo que coincide en este ensayo con la menor ingestión de forraje en el caso de las cabras con la dieta CON (0,731 kg MSI/d) que en la dieta NAR (0,753 kg MSI/d).

En el caso del N-amoniaco presente en el rumen, no se observa casi diferencias en su cantidad entre el rumen de los animales alimentados con la dieta CON y la dieta NAR.

Por último, la producción de ácidos grasos volátiles (AGVs) en el rumen es superior en los animales alimentados con la dieta CON (38,8 mM) que en los alimentados con la dieta NAR (37,2 mM), pudiendo ser, según Zavaleta de Lucio (1976), debido que el aumento de pH disminuye la producción de ácidos grasos volátiles. De todos los ácidos grasos los predominantes son el acético, el propiónico y el butírico, y en menor proporción otros AGVs como el isobutírico, isovalérico o el N-Valérico. Se observan diferencias destacables, aunque no significativas, como la mayor cantidad de acetato en el rumen de los animales del grupo NAR (+1,38 mM/L) ya que contenía ingredientes más fibrosos y, de mayor cantidad, en el caso del grupo CON, de propionato (+0,95 mM/L) y butirato (+1,84 mM/L) por el mayor contenido en cebada, aunque estas diferencias no llegan a ser estadísticamente significativas ( $P>0,05$ ). En cambio, sí que se observan diferencias significativas ( $P<0,05$ ) en el caso de otros AGVs que se presentan en pequeña cantidad, como son el ácido isobutírico y el isovalérico, presentándose, en ambos casos, mayor cantidad en el grupo NAR.

Sin embargo, solo se tomó una muestra del contenido del rumen en cada período, lo que puede limitar la interpretación de los resultados.

Las proporciones molares de los ácidos grasos volátiles (acetato:propionato:butirato) en el rumen se mantienen próximas a 65:25:10 en el caso de dietas a base de forrajes y 50:40:10 en el caso de dietas ricas en concentrados (Owens y Goetsch (1993); Shimada (1991))

McDonald et al. (2013) muestran una recopilación de variaciones de las proporciones molares con distintos tipos de alimentos y según la proporción de forraje frente al concentrado ofrecido, en la que se muestra que para una proporción de forraje:concentrado de 0,4:0,6 se obtienen proporciones molares de 52:34:12. Sin embargo, en este ensayo las proporciones molares son de 53:20:22 para la dieta CON y 57:19:18 para la dieta NAR.

Por otra parte, Mahieu (1991), indica que para en un medio ruminal con pH elevado se favorece el desarrollo de las bacterias celulolíticas en el rumen, y en el caso de pH bajo las amilolíticas, tal y como se muestra en la figura 8. En la figura también se muestra que, para dietas semejantes a las utilizadas en el ensayo, con un 20% de celulosa aproximadamente, se puede ver que las proporciones molares para el ácido acético, propiónico y butírico se asemejan con los obtenidos.

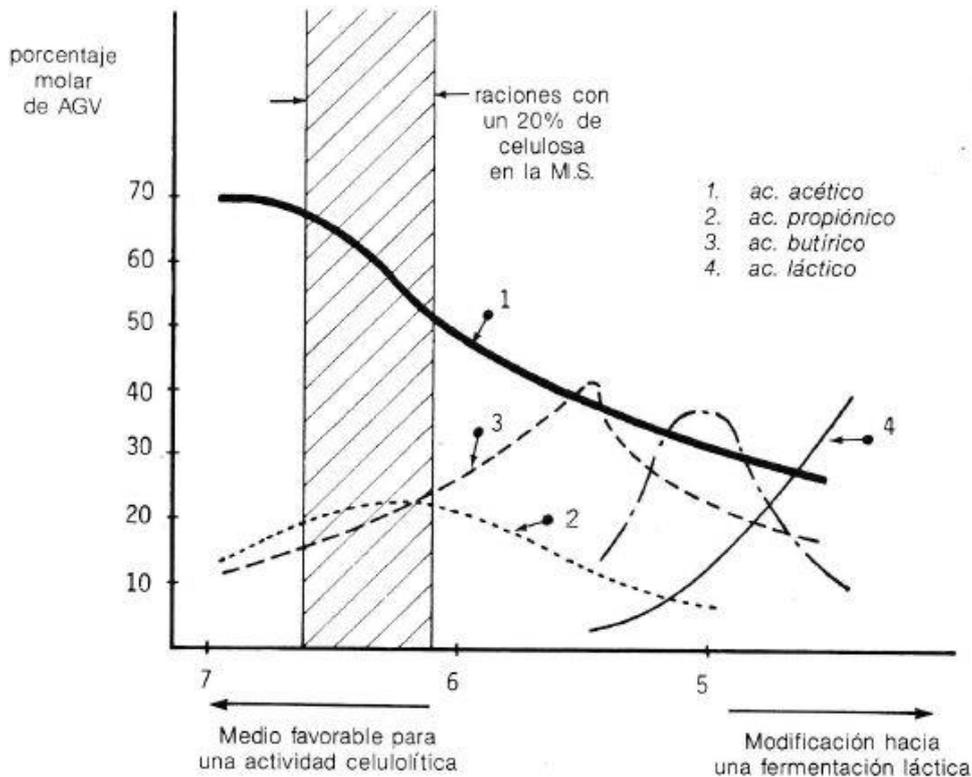


Figura 8. Relación entre pH del rumen y las proporciones de ácidos grasos volátiles. (Fuente: Mahieu, 1991).

En la tabla 7 se muestra el balance energético, expresado en kilojulios por kg de peso metabólico, para la dieta control y la dieta con hoja de naranjo y paja de arroz.

En la tabla 7 se puede observar que la ingestión, expresada en gramos por kilogramos de peso metabólico, es ligeramente superior en el caso de la dieta NAR, sin embargo, no llega a ser una diferencia estadísticamente significativa ( $P > 0,05$ ).

En lo que se refiere a la energía bruta ingerida (EBI), al igual que con la ingestión, no se observan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ), siendo esperable debido a que las dietas son isoenergéticas y no se han observado diferencias significativas en su ingestión.

La energía bruta ingerida se descompone en varios valores según las pérdidas energéticas por diversas fuentes, quedando al final la energía disponible para el animal, llamada energía neta, la cual se utilizará para la producción de leche y el mantenimiento del animal. El esquema utilizado en la valoración del balance energético se representa en la figura 9.

Tabla 7. Balance energético diario (kJ/kg de PV<sup>0,75</sup>) de cabras Murciano-Granadina (n = 10) a mitad de la lactación acorde al tipo de dieta.

| Item <sup>1</sup>                  | Dieta <sup>2</sup> |       | SEM <sup>3</sup> | P-value |
|------------------------------------|--------------------|-------|------------------|---------|
|                                    | CON                | NAR   |                  |         |
| Intake, g/kg of BW <sup>0,75</sup> | 125,9              | 131,0 | 1,62             | 0,092   |
| E <sub>BI</sub>                    | 2189               | 2217  | 27,5             | 0,586   |
| E <sub>heces</sub>                 | 687                | 842   | 15,7             | 0,001   |
| E <sub>orina</sub>                 | 61                 | 101   | 3,6              | 0,001   |
| E <sub>metano</sub>                | 96                 | 88    | 1,3              | 0,001   |
| EMI                                | 1345               | 1187  | 20,7             | 0,001   |
| E <sub>Rleche</sub>                | 446                | 476   | 13,4             | 0,001   |
| CP                                 | 736                | 693   | 8,9              | 0,014   |
| E <sub>Rcuerpo</sub>               | 163                | 18    | 24,1             | 0,001   |
| kl                                 | 0,47               | 0,61  | 0,012            | 0,037   |
| ks                                 | 0,61               | 0,64  | 0,009            | 0,048   |
| RQ                                 | 1,05               | 1,01  | 0,015            | 0,125   |

<sup>1</sup> E<sub>BI</sub> = Energía bruta ingerida; E<sub>heces</sub> = Energía perdida por heces; E<sub>orina</sub> = Energía perdida por orina; E<sub>metano</sub> = Energía perdida por metano; EMI = Energía metabolizable ingerida; CP = Calor producido; E<sub>Rtotal</sub> = Energía retenida total; E<sub>Rleche</sub> = Energía retenida en leche; E<sub>Rcuerpo</sub> = Energía retenida corporal (E<sub>Rbody</sub> = EMI - CP - E<sub>leche</sub>).

<sup>2</sup> CON = Control; NAR = Hoja de naranja y paja de arroz.

<sup>3</sup> SEM = Error estándar de la media.

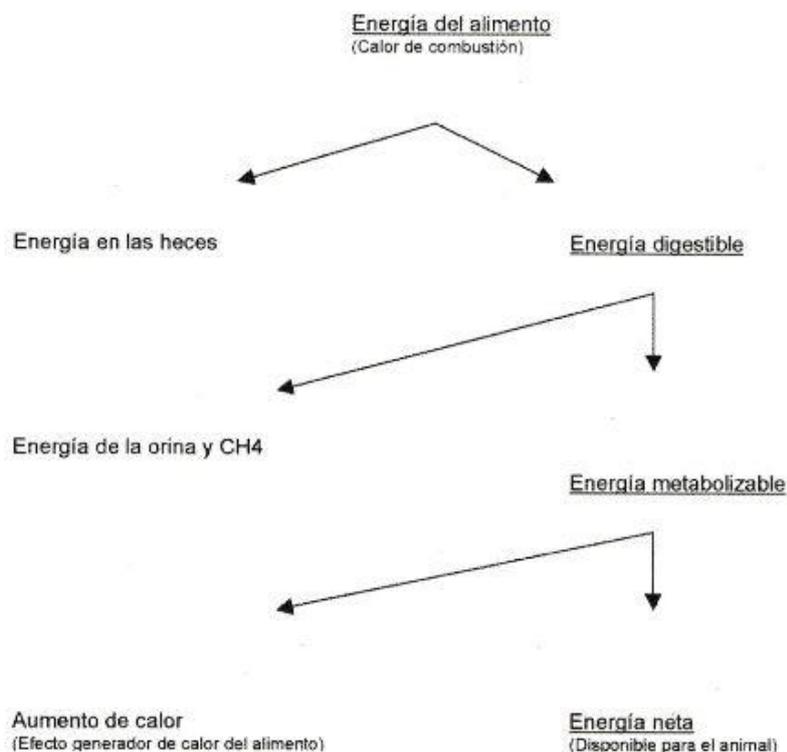


Figura 9. Esquema del balance energético (Fuente: Lachica et al., 2004)

En primer lugar, la energía que no puede ser digerida se pierde por las heces ( $E_{heces}$ ), siendo en el caso de los animales alimentados con la dieta NAR significativamente superior ( $P < 0,05$ ) con una diferencia de 155 kJ/kg de  $PV^{0,75}$ . Esta diferencia puede ser debido a que, como se puede observar en la tabla 5, la digestibilidad de la energía bruta de la dieta NAR es significativamente menor que en la dieta CON, al mismo tiempo que la fibra, fuente de carbohidratos en los animales, es menos digestible en la dieta NAR.

En el caso de la energía perdida por la orina ( $E_{orina}$ ) ocurre lo mismo que en el caso de la energía perdida por las heces, se observa una diferencia en la pérdida de energía de 40 kJ/kg de  $PV^{0,75}$  por la orina, siendo superior en el caso de la dieta NAR, siendo esta diferencia significativa ( $P < 0,05$ ). Por otra parte, la energía que se pierde por la producción de metano ( $E_{metano}$ ) es 8 kJ/kg de  $PV^{0,75}$  superior en el caso de la dieta CON, siendo estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ). Con la energía perdida por el metano se puede obtener las emisiones de este gas producidas por los animales, siendo estas emisiones de 30 g/d por animal en el caso de la dieta CON y 27 g/d por animal en el caso de la NAR.

Una vez descontadas las pérdidas de energía por las heces, orina y metano se obtiene la energía metabólica ingerida (EMI), que será disponible para cubrir las necesidades de conservación del calor corporal y las necesidades de mantenimiento y producción (Energía neta).

En este ensayo se han obtenido valores medios de 1345 y 1187 kJ/kg de  $PV^{0,75}$  para la EMI con la utilización de las dietas CON y NAR respectivamente. La EMI obtenida por la dieta CON es superior que la obtenida por los animales alimentados con la dieta NAR, siendo esta diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).

La energía perdida debido a la producción de calor del animal (CP) es ligeramente superior en el caso de los alimentados con la dieta CON, siendo una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ). En cambio, la dieta CON consigue una menor cantidad de energía retenida en la leche ( $ER_{leche}$ ) siendo esta diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ).

Por último, una vez descontadas la  $ER_{leche}$  y la CP de la EMI se obtiene la energía retenida corporal ( $ER_{cuerpo}$ ), que es positiva para ambas dietas, es decir, un balance energético positivo. Como se puede observar en la tabla 7, existe una gran diferencia en la  $ER_{cuerpo}$  entre la dieta NAR y CON, siendo en esta última mucho mayor y estadísticamente significativa. Esta gran diferencia puede ser debido a la mayor digestibilidad de la dieta CON. Prueba de esto es que las mayores diferencias en el balance de energía son en gran medida causadas por las diferencias entre los parámetros de pérdidas energéticas que están más relacionadas con la digestibilidad de las dietas, como son las heces y la orina. Parece que, debido a las diferencias entre las dietas, una con más cereal y otra con más fibra, el comportamiento metabólico ha sido diferente. La dieta control, con más cereal ha desviado más nutrientes hacia la masa corporal y por tanto la energía retenida ha ido mayor. Por otro lado, la dieta NAR, más fibrosa ha desviado más nutrientes hacia leche (por eso mayor energía en leche) y se observa una menor  $ER_{cuerpo}$ .

Se pueden observar dos valores de eficiencia en la conversión de energía en lactación,  $kl$  (ARC, 1980) y  $kls$  (INRA, 2018). En ambas eficiencias se ha observado una mejora en la conversión en el caso de la dieta NAR, siendo las diferencias de ambos valores estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ), siendo los valores semejantes a los obtenidos por Aguilera et al. (1990) de 0,67 y Armstrong y Blaxter (1965) de 0,691. Por otra parte, se observa el parámetro RQ (Coeficiente de respiración), el cual indica si la respiración del animal durante el proceso ha sido alterada. Este parámetro, al ser en los dos casos cercanos a 1 y no ver diferencias significativas entre dietas ( $P > 0,05$ ), se puede afirmar que la fase de respirometría ha transcurrido sin alteraciones.

En la tabla 8 se muestran los parámetros de producción y calidad de la leche producida por los animales alimentados con las diferentes dietas.

Tabla 8. Producción y calidad de leche diaria en cabras Murciano-Granadina (n = 10) en mitad de lactación según el tipo de dieta.

| Item                             | Dieta <sup>1</sup> |      | SEM <sup>2</sup> | P-value |
|----------------------------------|--------------------|------|------------------|---------|
|                                  | CON                | NAR  |                  |         |
| Producción de leche kg/cabra/día | 2,32               | 2,06 | 0,062            | 0,0278  |
| Composición química, %           |                    |      |                  |         |
| Materia seca                     | 15,0               | 16,1 | 0,18             | 0,001   |
| Grasa                            | 5,5                | 6,5  | 0,12             | 0,001   |
| Proteína                         | 4,1                | 4,2  | 0,05             | 0,584   |
| Lactosa                          | 4,6                | 4,7  | 0,03             | 0,342   |
| Extracto etéreo magro            | 9,5                | 9,6  | 0,06             | 0,212   |
| Extracto quesero                 | 9,6                | 10,7 | 0,16             | 0,001   |

<sup>1</sup> CON = Control; NAR = Hoja de naranja y paja de arroz.

<sup>2</sup> SEM = Error estándar de la media.

Como se puede observar en la anterior tabla, la producción de leche es parecida, con una diferencia de casi 300 gramos más en el caso de la dieta CON, siendo esta diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).

En lo que se refiere a los parámetros de calidad, se puede observar que, en el caso de la dieta NAR, la leche producida tiene una mayor proporción de materia seca y mayor nivel de grasa, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ). A diferencia de estos dos parámetros no se observaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) para los niveles de proteína y lactosa. En otro ensayo realizado por Fernández et al. (2019) con los mismos animales, en el que se sustituyó el forraje por hoja de naranjo peletizada en el 2019, se obtuvieron, al igual que con la dieta NAR, diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en la proporción de grasa en la hoja de naranjo respecto a la dieta control utilizada en ese ensayo.

El extracto etéreo magro es la proporción de la leche conformada por toda la materia seca al descontarle la proporción de grasa, por lo que, al no haber diferencias significativas en proteína y lactosa, no se observan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en la leche de ambos grupos.

Por último, en la anterior tabla se observa un parámetro denominado extracto quesero, siendo este la suma de los porcentajes de grasa y proteína de la leche. Este parámetro es de gran importancia, ya que es el utilizado para calcular el precio de venta de la leche, siendo calculada como euros por extracto quesero, siendo a fecha de 24 de abril de 2019 de 0,0811 Euros/EQ en la lonja de León (LONJA DE LEÓN, 2019). Ya que, como se ha comentado antes, el extracto quesero es la suma de la proporción de grasa y la proteína, al obtener diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el caso de la proporción de grasa, se observa que al mismo tiempo también existen para el valor del extracto quesero, siendo superior en el caso de la leche producida por las cabras alimentadas con la dieta de hojas de naranjo y paja de arroz.

Tabla 9. Perfil de ácidos grasos (g/100 g of milk fat) de la grasa de la leche de cabras alimentadas por las dietas experimentales (n=10).

| Item <sup>1</sup>                   | Dieta <sup>2</sup> |        | SEM <sup>3</sup> | P-value |
|-------------------------------------|--------------------|--------|------------------|---------|
|                                     | CON                | NAR    |                  |         |
| C4:0                                | 0,619              | 0,767  | 0,0376           | 0,0462  |
| C6:0                                | 1,507              | 1,968  | 0,0970           | 0,0130  |
| C8:0                                | 2,041              | 2,705  | 0,1314           | 0,0074  |
| C10:0                               | 8,649              | 9,756  | 0,3314           | 0,0954  |
| C11:0                               | 0,338              | 0,307  | 0,0164           | 0,3536  |
| C12:0                               | 5,628              | 4,687  | 0,2391           | 0,0457  |
| C14:0                               | 9,373              | 9,018  | 0,3173           | 0,5900  |
| C14:1                               | 0,217              | 0,156  | 0,0150           | 0,0374  |
| C15:0                               | 0,850              | 0,645  | 0,0605           | 0,0891  |
| C16:0                               | 25,869             | 23,763 | 0,8461           | 0,2223  |
| C16:1                               | 0,764              | 0,580  | 0,0500           | 0,0639  |
| C17:0                               | 0,520              | 0,317  | 0,0332           | 0,0005  |
| C17:1                               | 0,182              | 0,166  | 0,0072           | 0,2719  |
| C18:0                               | 3,199              | 6,103  | 0,4004           | 0,0001  |
| C18:1n9t                            | 0,708              | 2,380  | 0,2579           | 0,0002  |
| C18:1n9c                            | 9,452              | 14,680 | 0,7716           | 0,0001  |
| C18:1n7                             | 0,183              | 0,531  | 0,0533           | 0,0001  |
| C18:2n6t                            | 0,184              | 0,301  | 0,0166           | 0,0001  |
| C18:2n6c                            | 2,537              | 3,457  | 0,1894           | 0,0107  |
| C20:0                               | 0,081              | 0,139  | 0,0078           | 0,0001  |
| C18:3n6                             | 0,014              | 0,009  | 0,0019           | 0,1948  |
| C20:1                               | 0,030              | 0,032  | 0,0028           | 0,7804  |
| C18:3n3                             | 0,430              | 0,585  | 0,0320           | 0,0110  |
| CLA 9c11t                           | 0,501              | 0,997  | 0,0742           | 0,0001  |
| CLA 9t11c                           | 0,051              | 0,085  | 0,0050           | 0,0001  |
| CLA 10t12c                          | 0,003              | 0,009  | 0,0008           | 0,0001  |
| CLA 9c11c                           | 0,008              | 0,013  | 0,0009           | 0,0001  |
| CLA 9t11t                           | 0,062              | 0,099  | 0,0069           | 0,0041  |
| C20:2                               | 0,009              | 0,011  | 0,0060           | 0,3842  |
| C22:0                               | 0,018              | 0,060  | 0,0056           | 0,0001  |
| C20:3n6                             | 0,000              | 0,004  | 0,0015           | 0,1700  |
| C22:1n9                             | 0,008              | 0,019  | 0,0081           | 0,5434  |
| C20:3n3                             | 0,000              | 0,001  | 0,0005           | 0,3084  |
| C20:4n6                             | 0,157              | 0,130  | 0,0123           | 0,2722  |
| C24:0                               | 0,002              | 0,010  | 0,0015           | 0,0040  |
| C20:5n3 EPA                         | 0,025              | 0,026  | 0,0029           | 0,8760  |
| Short-chain fatty acids (C4-C8)     | 4,17               | 5,44   | 0,264            | 0,0115  |
| Medium-chain fatty acids (C10-C13)  | 14,61              | 14,75  | 0,455            | 0,8873  |
| Long-chain fatty acids (≥C14)       | 55,44              | 64,33  | 2,045            | 0,0253  |
| Saturated fatty acids (SFAs)        | 58,70              | 60,25  | 1,762            | 0,6725  |
| Monounsaturated fatty acids (MUFAs) | 11,55              | 18,54  | 1,029            | 0,0001  |
| Polyunsaturated fatty acids (PUFAs) | 3,99               | 5,75   | 0,307            | 0,0017  |
| n-6                                 | 2,89               | 3,90   | 0,202            | 0,0081  |
| n-3                                 | 0,46               | 0,61   | 0,032            | 0,0101  |
| n-6 / n-3 ratio                     | 6,55               | 6,44   | 0,312            | 0,8581  |
| Thrombogenic index                  | 2,60               | 2,01   | 0,292            | 0,0050  |
| Atherogenicity index                | 4,78               | 2,85   | 0,112            | 0,0001  |

<sup>1</sup> CLA = conjugated linoleic acid; AI = Atherogenicity index calculated as:

$C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0 / \text{unsaturated fatty acids}$  (Ulbricht and Southgate, 1991),

<sup>2</sup> CON = Control; NAR = Hoja de naranja y paja de arroz.

<sup>3</sup>SEM = Error estándar de la media.

En la tabla 9 se muestra el perfil de ácidos grasos de la leche obtenida a partir de cada grupo de cabras. En esta tabla se contemplan los ácidos grasos, valorados como gramos por cada 100 gramos de la grasa de la leche, de forma, en grupo según la longitud de su cadena de carbonos y de las insaturaciones presentes.

A nivel total, se observa que en la leche producida por los animales del grupo NAR se han encontrado mayor cantidad de ácidos grasos. Esto es debido a que, como se ha observado en la tabla 8, la composición en grasa de la leche es hasta un 1% mayor que la del grupo CON.

En esta tabla, se pueden observar diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en gran cantidad de ácidos grasos. Estas diferencias se observan en mayor medida en los ácidos grasos de cadena corta, encontrándolos en mayor cantidad en la leche obtenida por los animales del grupo NAR, y en los de cadena larga, los cuales muestran las mayores diferencias entre todos los ácidos grasos. Esto coincide con la afirmación de Eppard et al. (1985), el cual indica que una parte de los ácidos grasos de cadena media y los ácidos grasos de cadena larga proceden del alimento o de la síntesis hepática, con lo que se confirmaría que la variación de la cantidad de ácidos grasos de cadena larga ha sido causada por el cambio de dieta.

Según Garcés et al. (2004), *“una característica de la leche de cabra es su composición en ácidos grasos de cadena corta (ácidos grasos de cadena igual o menor a 10 carbonos), que es de aproximadamente el 16,7-18,2%”*. Comparando con los resultados en la tabla 9, los datos obtenidos se asemejan a lo descrito, encontrando en el caso de la leche producida por el grupo NAR un valor algo superior de 20,22%.

En el caso de los ácidos grasos saturados, aunque se observa una mayor cantidad en la leche del grupo NAR, no existen diferencias significativas entre ambos grupos experimentales. En cambio, dentro de este grupo sí que se observan diferencias significativas en ciertos ácidos grasos, siendo destacables a nivel cuantitativo el ácido esteárico y el láurico, encontrándose en mayor cantidad en la dieta NAR. A diferencia de los ácidos grasos saturados, sí que se han encontrado diferencias significativas en el grupo de los monoinsaturados, siendo destacable el ácido oleico por encontrarse en gran cantidad, y en el de los poliinsaturados, siendo destacables el ácido linoleico y el ácido linoleico conjugado (CLA) junto con sus isómeros.

Por una parte, se observan los ácidos grasos omega-3 (n-3) y los omega-6 (n-6), los cuales se observan en mayor cantidad en el grupo NAR, siendo la diferencia entre los grupos estadísticamente significativa. Por otra parte, se observa el dato de ratio n-6:n-3, el cual, aunque se hayan observado diferencias entre los n-3 y n-6 entre la grasa de la leche de ambos grupos, no se observan diferencias significativas. La mayor presencia de estos ácidos grasos es destacable, ya que están relacionados con la reducción del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y diabetes (MEDLINEPLUS, 2018).

Por último, se muestran dos índices, el índice trombogénico y el aterogénico, que, según Pérez-Llamas et al. (2010), definen la capacidad potencial de un alimento para producir trombosis o embolia y la capacidad potencial de las grasas para producir formaciones de placas de ateroma en los vasos sanguíneos respectivamente. Estos índices fueron propuestos por Ulbricht y Southgate (1991), los cuales relacionan los ácidos grasos saturados y los insaturados de la siguiente forma:

$$\text{Índice aterogénico: } \frac{12:0 + (4 \times 14:0) + 16:0}{n - 6 \text{ PUFA} + n - 3 \text{ PUFA} + \text{MUFA}}$$

*Índice trombogénico:*

$$12:0 + 16:0 + 18:0$$

$$\frac{12:0 + 16:0 + 18:0}{(0,5 \times MUFA) + (0,5 \times n - 6 PUFA) + (3 \times n - 3 PUFA) + (n - 3 PUFA/n - 6 PUFA)}$$

En la tabla 9, se obtiene como resultado que en el caso de las grasas de las cabras alimentadas con la dieta NAR se reducen ambos índices, siendo destacable la reducción del índice aterogénico, reduciéndose en gran medida.

## 5. CONCLUSIONES

No ha habido diferencias en la ingestión de materia seca entre ambas dietas.

La fracción fibrosa de la dieta NAR ha resultado ser menos digestible que la dieta CON, al igual que la energía bruta.

El cambio de dieta no ha producido cambios destacables en el ambiente ruminal.

El balance energético, aunque se han producido mayores pérdidas en la dieta NAR, ha resultado positivo en ambas dietas.

La utilización de hoja de naranjo y la paja de arroz ha afectado negativamente a la cantidad de leche producida, pero ha mejorado la proporción de materia seca y grasa, lo que provoca una mejoría en el extracto quesero.

La utilización de hoja de naranjo y paja de arroz, provoca un aumento en la proporción de grasa de la leche, así como un aumento de ácidos grasos de cadena corta y larga, monoinsaturados y poliinsaturados.

La leche producida por los animales del grupo NAR, se puede decir que es más sana, debido a la reducción de los índices trombogénico y aterogénico.

En general, se puede afirmar que la incorporación de restos de poda de naranjo y paja de arroz en el concentrado, puede mantener el rendimiento productivo de los animales.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Agricultural Research Council (ARC). (1980). *The nutrient requirements of ruminant livestock. technical review by an Agricultural Research Council working party*. Commonwealth Agricultural Bureaux. Farnham Royal. 351 pp.

AOAC. (2000). *Official method 920.39. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 18th edition. Association of Official Analytical Chemist, Arlington, VA, EEUU.

AOAC. (2000). *Official method 942.05. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 18th edition. Association of Official Analytical Chemist, Arlington, VA, EEUU.

AOAC. (2000). *Official method 973.18. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 18th edition. Association of Official Analytical Chemist, Arlington, VA, EEUU.

Bampidis, V.A.; Robinson, P.H. (2006). *Citrus by-products as ruminant feeds: a review*. Animal Feed Science and Technology, 128: 175–217.

Brouwer, E. (1965). *Report of Sub-Committee on Constants and Factors*. In: Blaxter, K.L., Ed., *Proceedings of the 3rd Symposium on Energy Metabolism*, Academic Press, London, 441-443.

Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica. *Informes del sector agrario valenciano. Estadísticas Ganaderas*. (2013-2017). Accedido el 29/10/2018.

<http://www.agroambient.gva.es/es/informes-del-sector-agrario-valenciano>

Eppard, P. J.; Bauman, D. E.; Bitman, J.; Wood, D. L.; Akers, R. M.; House, W.A. (1985). *Effect of Dose of Bovine Growth Hormone on Milk Composition:  $\alpha$ -Lactalbumin, Fatty Acids, and Mineral Elements*. Journal of Dairy Science, 68: 3047-3054.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2016*. (2016). Accedido el 21/07/2019.

<http://www.fao.org/publications/sofa/the-state-of-food-and-agriculture/es/>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *Estadísticas de FAOSTAT para existencias, emisiones por fermentación entérica de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> equivalente de ganado vacuno, ovino y caprino para 2017*. Accedido el 22/07/2019.

<http://www.fao.org/faostat/es/#data/GE>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *Estadísticas de FAOSTAT para área cosechada y producción de cítricos en Europa de 2013 hasta 2016*. Accedido el 14/11/2018.

<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *Estadísticas de FAOSTAT para área cosechada y producción de cítricos en el mundo de 2013 hasta 2016*. Accedido el 14/11/2018.

<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *Estadísticas de FAOSTAT para existencias de ganado caprino en Europa para 2016*. Accedido el 4/11/2018.

<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QA>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *Estadísticas de FAOSTAT para producción de leche de cabra (fresca) y carne de caprino en Europa de 2013 hasta 2016*. Accedido el 4/11/2018

<http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL>

Fernández, C; Bacha, F. (2004). Alimentación práctica en caprino lechero, en: *Ganado caprino: producción, alimentación y sanidad*. Ed. Editorial Agrícola Española S.A. Madrid, 185-205.

Fernández, C.; López, M.C.; Lachica, M. (2012). *Description and function of a mobile open-circuit respirometry system to measure gas exchange in small ruminants*. Animal Feed Science and Technology, 172: 242-246.

Fernández, C.; López, M.C.; Lachica, M. (2015). *Low cost open-circuit hood system for measuring gas exchange in small ruminants: from manual to automatic recording*. The Journal of Agricultural Science, 153: 1302-1309.

Fernández, C.; Pérez-Baena, I.; Marti, J.V.; Palomares, J.L.; Jorro-Ripoll, J.; Segarra, J.V. (2019). *Use of orange leaves as a replacement for alfalfa in energy and nitrogen partitioning, methane emissions and milk performance of murciano-granadina goats*. Animal Feed Science and Technology, 247: 103-111.

Garcés, C.; Soler, M. D.; Fernández, C. (2004). Producción y calidad de la leche de cabra, en: *Ganado caprino: producción, alimentación y sanidad*. Editorial Agrícola Española S.A. Madrid, 89-107.

Hernández Ruipérez, F.; Pulgar Gutiérrez, M.A.; Cid Díaz, J.M. y Ocio Trueba, E. (1992). *Digestibilidad y valoración energética para la especie caprina de las hojas de limonero desecadas al sol*. Archivos de zootecnia vol. 41, núm.155, pp. 639-644.

Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). (2018). *Alimentation des ruminants*. Queae Editions. Versailles. 728 pp.

Jouany, J.P. (1982) *Volatile Fatty Acid and Alcohol Determination in Digestive Contents, Silage Juices, Bacterial Cultures and Anaerobic Fermentor Contents*. Sciences des Aliments, 2, 131-144.

Krause, K.R.; Oetzel, G.R. (2006). *Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review*. Animal Feed Science and Technology, 126: 215–236

Lachica, M.; Fernández, C.; Aguilera, J.F. (2004). Necesidades energéticas en ganado caprino lechero, en: *Ganado caprino: producción, alimentación y sanidad*. Editorial Agrícola Española S.A. Madrid, 163-181.

Lonja Agropecuaria de León (2019). *Lonja leche de oveja y cabra 24-04-2019*. Accedido el 02/05/2019

<http://www.lonjadeleon.es/lonja-de-leche-de-oveja-y-cabra-24-04-2019/>

Luginbuhl, J. M.; Poore, M. H.; Conrad, A. P. (2000). *Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility, and performance of growing male goats fed hay-based diets*. Journal Animal Science, 78: 1677–1683.

McDonald, P.; Edwards, R.A.; Greenhalgh, J.F.D.; Morgan, C.A.; Sinclair, L.A.; Wilkinson, R.G. (2013). *Nutrición animal*. 7ª Ed. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza. 653 pp.

MedlinePlus (2018). *Realidades acerca de las grasas poliinsaturadas*. Accedido el 07/05/2019.

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000747.htm>

Orskov, E. R.; C. Fraser. 1975. *The effects of processing of barley-based supplements on rumen pH, rate of digestion of voluntary intake of dried grass in sheep*. British Journal of Nutrition, 34: 493–500.

Pérez-Llamas, F.; Larqué Daza, E.; Zamora Navarro, S. (2010). Calidad nutritiva de los alimentos, en: *Tratado de nutrición. Tomo II, Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. 2ª Ed. Editorial Médica Panamericana. Madrid, 563-583.

Ribó, M.; Albiach, R.; Pomares, F.; Canet, R.; (2017). *Alternativas de gestión de la paja de arroz en la albufera de valencia*. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). 9 pp. Accedido el 12/11/2018.

<http://www.ivia.gva.es/documents/161862582/162455759/Nota+t%C3%A9cnica+Alternativas+de+gesti%C3%B3n+de+la+paja+de+arroz+en+la+Albufera+de+Valencia.pdf/cc127504-cf3c-4142-9345-d33e5c56c649>

Secretaría General Técnica, Subdirección General de Estadística. (2017). *Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos: Resultados 2017*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. 178 pp. Accedido el 30/10/2018

[https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2017sm\\_tcm30-455983.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2017sm_tcm30-455983.pdf)

Subdirección General de Productos Ganaderos, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. (2016). *Caracterización del sector ovino y caprino en España*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. 22 pp. Accedido el 30/10/2018

[https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/caracterizaciondelsectorovino2016\\_def\\_tcm30-380879.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/caracterizaciondelsectorovino2016_def_tcm30-380879.pdf)

Subdirección General de Productos Ganaderos, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios. (2018). *El sector ovino y caprino de leche en cifras: Principales Indicadores Económicos*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Accedido el 30/10/2018

[https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/publicaciones/indicadoreseconomicosovinoycaprinocarne2018\\_tcm30-428265.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/publicaciones/indicadoreseconomicosovinoycaprinocarne2018_tcm30-428265.pdf)

Sanchis Jiménez, EM.; Ferrer Roglán, M.; Calvet Sanz, S.; C. Coscollà; V. Yusà; Cambra López, M. (2014). *Gaseous and particulate emission profiles during controlled rice straw burning*. Atmospheric Environment, 98:25-31.

Shimada, Y.A. 1991. Metabolismo de los carbohidratos, en: *Manual sobre ganado productor de leche*. Editorial Diana. México. pp. 44-63.

Ulbricht, T. L. V.; Southgate, D. A. T. (1991). *Coronary heart disease: seven dietary factors*. Lancet 338: 985-992.

Zabaleta de Lucio, E. (1976). *Los ácidos grasos volátiles, principal fuente de energía en los rumiantes*. Ciencia Veterinaria. 1: 223-236.