



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

MASTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**EFECTO DEL PIENSO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE
CABRAS LECHERAS EN EL INTERIOR DE UNA CÁMARA
DINÁMICA**

Tesis de Master

Valencia, Septiembre 2012

Diana Ximena Ruiz Mojica

Directores

Dr. Fernando Estellés Barber

Dra. Aránzazu Villagrà García

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción	1
1.1. <i>Generalidades</i>	1
1.2. <i>Producción de GEI</i>	1
1.3. <i>El comportamiento y alimentación en pequeños rumiantes</i>	4
2. Objetivos	8
3. Materiales y Métodos	9
3.1. <i>Material animal y dietas</i>	9
3.2. <i>Medición de gases en cámara dinámica</i>	10
3.3. <i>Valoración del comportamiento de los animales</i>	11
3.4. <i>Análisis de los datos</i>	12
4. Resultados y Discusión	14
4.1. <i>Producción de leche</i>	14
4.2. <i>Emisiones diarias de CH₄</i>	15
4.3. <i>Emisiones diarias de CO₂</i>	16
4.4. <i>Comportamiento</i>	17
4.5. <i>Relación entre comportamiento y producción de gases</i>	26
5. Conclusiones	27
6. Bibliografía	28

*Efecto del pienso sobre el comportamiento de cabras lecheras en el interior de una
cámara dinámica*

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

La producción animal ha sido ejercida por el ser humano desde la antigüedad y sigue siendo clave para el suministro alimentario de la población. En los últimos años, el sector ganadero, motivado por la necesidad de aumentar la producción y disminuir el costo, ha experimentado una transformación teniendo en cuenta cambios significativos sobre el concepto de la producción y dirigida especialmente a lograr una mayor intensificación. En este contexto, la ganadería tiene cuatro grandes retos a atender en la actualidad como sector productivo frente a las demandas de la sociedad. Estos son la seguridad alimentaria, el respeto del medio ambiente, el bienestar animal y la salud.

El sector ganadero debe trabajar bajo estas exigencias y por esta razón se ha de tener en cuenta el rápido crecimiento de la producción, que resalta de forma urgente la necesidad de implantar políticas reguladoras dentro de la ganadería intensiva. También se hace necesario poner el punto de mira en la búsqueda de un menor impacto ambiental y una manipulación de residuos económicamente sostenible. Las grandes granjas industriales ingresan importantes cantidades de nutrientes en forma de concentrado para la alimentación de los animales y se producen muchos más desechos de los que pueden ser reciclados.

Parte de estos desechos son los gases de efecto de invernadero (GEI). Su acumulación en la atmósfera afecta a la capa de ozono y provoca que la radiación solar y el calor de la tierra no se disipen hacia el espacio exterior. Esto contribuye al aumento de la temperatura global del planeta, participando de este modo en el cambio climático, de consecuencias ambientales desastrosas y muy probablemente la mayor amenaza para la salud global del Siglo XXI.

1.2 Producción de GEI

Los gases de efecto de invernadero más importantes son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). Las concentraciones de estos gases han

aumentado significativamente en los últimos 150 años. El CH₄ y el N₂O proceden de diferentes ciclos. El metano habitualmente es producido en consecuencia a la degradación de componentes en base a carbono durante la digestión de alimentos y la descomposición de abonos, mientras que el óxido nitroso está relacionado con el ciclo del nitrógeno y proviene mayormente de fertilizantes químicos y abonos (Monteny *et al.*, 2005).

La reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) es una prioridad en la actualidad, puesto que concentraciones atmosféricas como por ejemplo la de CH₄ han estado aumentando rápidamente durante los últimos años (Lelieveld *et al.*, 1998).

Por esta razón el Protocolo de Kyoto establece que cada país debe proporcionar los métodos e instrumentos para verificar, cuantificar y supervisar adecuadamente las emisiones de GEI y sus respectivas reducciones. En el año 1997 los países de la Unión Europea y otros países industrializados establecieron un compromiso común para limitar las emisiones de gases que influyen en el calentamiento global, concretándose como objetivo una reducción del 5% de las emisiones de GEI para el periodo 2008-2012 en relación a los niveles de 1990 (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 2011).

Por parte de la ganadería intensiva existen multitud de factores que influyen en la producción de metano, como el nivel de consumo, el tipo y la calidad de los alimentos y la temperatura ambiental (Shibata *et al.* 2010). Entre los animales, los rumiantes son los principales emisores de metano, debido a que en su digestión normal se produce una fermentación microbiana a partir de hidratos de carbono y en este proceso se genera hidrógeno, que es utilizado por las bacterias metanogénicas para la reducción de carbono de CO₂ a CH₄ (Moss *et al.*, 2000). La expulsión del gas del organismo se da principalmente a través de eructos y en menor cantidad por medio de flatulencias. Se ha determinado que alrededor de un 87% del CH₄ se produce en el rumen y el 13% restante en el tracto digestivo posterior (McCaughey *et al.*, 1999).

Es de destacar que los pequeños rumiantes como las cabras deben ser estudiados de igual forma que los grandes rumiantes, puesto que presentan el mismo sistema de digestión fermentativa y de esta manera participan activamente en la producción de los GEI.

1.2.1 Técnicas de cuantificación de emisiones de gases

Existen muchas técnicas para la cuantificación de las emisiones de metano procedentes de animales. Estas técnicas pueden medir las emisiones de metano de los animales, ya sea en recintos interiores o al aire libre. Entre algunas de ellas están las técnicas de recinto, que son precisas pero exigen animales entrenados y pueden limitar el movimiento de estos, o las técnicas de trazadores de isotópicos y no isotópicos, que se han mostrado igualmente eficaces. También cabe mencionar las ecuaciones de predicción, basadas en la fermentación y que poseen suficiente poder cuantitativo. (Johnson y Johnson, 1995).

Otro tipo de método de medición de gases, es la técnica de la cámara, la cual consiste en utilizar una cámara dinámica (o de respiración) que mide las emisiones de animales rumiantes. (Martí *et al.*, 2011)

Las cámaras dinámicas de esta metodología, que hemos implantado en este estudio, son recintos cerrados que deben disponer de al menos una entrada y una salida de gases por las que transite aire limpio de forma continua y discontinua. Este aspecto se debe tener en cuenta en el momento de su construcción, ya que se deben acondicionar las entradas y las salidas tomando como referencia las velocidades y direcciones que toma el flujo de gas en su interior. Por ello, es normal hallar cámaras dinámicas en estructura cúbica con uno o los dos extremos de forma cónica (Arogo *et al.*, 2003; Heber *et al.*, 2002). Pero no obstante, cuando se busca alojar animales para su estudio, se tratan de construir en forma cúbica, de manera más sencilla, para tener facilidad de manejo (McGinn *et al.*, 2004; Wang y Huang, 2005). Igualmente se busca utilizar materiales transparentes para así observar a los animales y que ellos mismos tengan visión del exterior, disminuyendo así su estrés.

En cualquier caso, la introducción de animales en cámaras de medida cerradas puede llevar a modificar pautas de comportamiento de los mismos, siendo incierto hasta el momento si esto podría afectar a la producción total o a la dinámica de producción de gases.

1.2.2 La alimentación y la producción de GEI

Por otro lado, la emisión de los GEI como el metano tiene una relación directa con las características químicas y físicas de los alimentos suministrados a los rumiantes. Hay muchas causas que influyen en las emisiones de metano del ganado, entre las cuales encontramos el nivel de alimento consumido, los tipos de hidratos de carbono de la dieta, los procesos de elaboración que tenga el alimento, los ionóforos y lípidos que lleve la dieta o las posibles alteraciones de la microflora ruminal (Johnson y Johnson, 1995).

En los rumiantes la producción de metano aumenta según la cantidad de alimento ingerido, pero hay que tener en cuenta que la tasa de producción por Kg de alimento consumido puede disminuir al aumentar el nivel nutritivo de la alimentación (Blaxter & Clapperton, 1965; Aguilera y Prieto, 1991; Johnson & Johnson, 1995; Moss *et al.*, 1995; Mills *et al.*, 2003). Esto se logra si se aumenta la ingestión de materia seca, que estimula la digestión y de este modo ocurre el paso de alimento de manera acelerada, disminuyéndose el tiempo de fermentación ruminal (Hindrichsen *et al.*, 2006).

1.3 El comportamiento y alimentación en pequeños rumiantes

El comportamiento es uno de los indicadores tempranos más importantes del bienestar de un individuo y su adaptación al entorno refleja la respuesta inmediata a la interacción entre el animal y su medio ambiente (Metz y Wierenga, 1997).

Dentro de los pequeños rumiantes, la cabra doméstica se presenta como una especie sociable, curiosa e inteligente, de gran utilidad en la industria ganadera por su carne, leche, piel y pelo, además de ser una de los primeros rumiantes en ser domesticados, hace ya 10.000 años (Mason, 1984; Zeder y Hesse, 2000; Hatziminaoglou y Boyazoglu,

2004). Posee una amplia gama de comportamientos y apenas ha sido objeto de estudio.

El comportamiento de la cabra se ve reflejado en actividades cinéticas generales que evidencian claras diferencias entre esta especie y el resto de rumiantes domésticos. En general, muestra una alta actividad de percepción con una gran capacidad exploratoria, estimulada por los sentidos de la vista, el oído, el olfato y el gusto, lo que la une estrechamente al medio que la sustenta y que le devuelve estímulos que se acumulan en su memoria (Buxadé, 1996).

Los pequeños rumiantes tienen además varios mecanismos de señales de reconocimiento y comunicación para mantener la estructura social de los grupos. Asimismo, las aproximaciones entre individuos dentro de un grupo son esenciales para mantener el contacto social y permitir la identificación individual a través de señales (Clutton-Brock *et al.*, 1982).

Las relaciones sociales entre los individuos de un grupo pueden ser establecidas y traducidas a través de una gran variedad de señales de comunicación, que juegan un papel clave en el desarrollo y mantenimiento de los comportamientos sociales. Por ejemplo, la comunicación es esencial para el reconocimiento de los individuos, así como también para su localización, para el envío de señales destinadas a establecer o mantener el estatus social o para informar a los demás animales sobre su propio estado temporal dentro del grupo, como lo puede ser la receptividad de parte de las hembras fértiles hacia los machos (Immelman, 1988).

Otro aspecto a tener en cuenta en el comportamiento social es la conducta agonista que sirve para el establecimiento y el mantenimiento de las relaciones de dominancia en un grupo (Blanchard *et al.*, 1993). En las cabras el comportamiento agonista se observa en forma de agresión con contacto, presentándose mordiscos, golpes o a modo de amenazas, persecuciones o escapadas por parte del agredido (Alvarez *et al.*, 2003; Miranda de la Lama, 2005; Álvarez *et al.*, 2007; Tolú y Savas, 2007; Van *et al.*, 2007).

1.3.1 Conducta alimenticia

Una de las conductas más importantes de los rumiantes en relación a la emisión de GEI es la conducta alimenticia.

Se han llevado a cabo muchos experimentos para estudiar los factores que podrían influir en la conducta alimenticia de los rumiantes. Ésta se caracteriza por los episodios de saciedad y por la motivación para comer, que se encuentran regulados por la ingesta de alimento y los hábitos dietéticos, los cuales combinan primeramente un control a corto plazo relacionado con una regulación homeostática del cuerpo y también con un control a largo plazo que depende de los requerimientos nutricionales y de las reservas del organismo (Faverdin *et al.*, 1995).

Uno de los factores que afecta la conducta alimentaria es el consumo voluntario de alimento, que se determina principalmente por la velocidad de digestión del retículo al rumen, basada en la capacidad de descomposición de la materia particulada seca en el mismo (Campling, 1970). Este evento se ve afectado por dos etapas: la masticación inicial durante la comida y la posterior masticación durante la rumia (Campling, 1970; Ulyatt *et al.*, 1986.). Por otra parte, en este proceso digestivo también actúan microorganismos del rumen, debilitando las paredes celulares de las plantas ingeridas y facilitando el desglose del tamaño de partícula durante la rumia, pero hay que tener en cuenta que no contribuyen en la reducción del tamaño de la misma (Ulyatt, 1983; Evans *et al.*, 1974; Chai *et al.*, 1984; Ulyatt *et al.*, 1986).

1.3.2 Ciclo de rumia

Como se menciona anteriormente, otra de las características más importantes de estos animales es la rumia y el ciclo que siguen a lo largo del día. El ciclo de rumia implica la regurgitación del material del retículo y rumen a la cavidad bucal donde el material sólido es remasticado y reensalivado antes de ser tragado. La duración de un ciclo de rumia es en general notablemente constante, especialmente durante la noche (Bell y Lawn, 1957). En cuanto a las variaciones en el tiempo de rumia, estas se han

relacionado, no sólo con las variaciones de cantidad y calidad de la dieta, sino también con las diferencias genéticas entre individuos (Corbett, 1953).

Las cabras pasan menos tiempo rumiando que las ovejas pero dedican un poco más de tiempo a la ingesta que las ovejas; La media del proceso de rumia diaria para las cabras es de 7 horas 44 minutos, si bien hay una gran variabilidad individual (Bell y Lawn, 1957).

2. OBJETIVOS

Este estudio se llevó a cabo con el fin de evaluar el efecto de dos piensos sobre el comportamiento de cabras lecheras en el interior de una cámara dinámica, además de determinar la relación entre la producción de metano y dióxido de carbono con el comportamiento.

Por otro lado, dado que los estudios en cámara dinámica podrían generar modificaciones en el comportamiento que comprometerían los resultados obtenidos respecto a las emisiones, se hace necesaria la valoración de la actividad de los animales dentro de estas cámaras.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio se ha recurrido a la observación del comportamiento y los niveles de actividad de un grupo de cabras, con el fin de evaluar el grado de estrés que les produce encontrarse aisladas. En un recinto cerrado se tomaron conjuntamente medidas de la producción de CH₄, CO₂ y producción leche a fin de buscar en las posibles variaciones de éstas un potencial indicador de estrés en estos animales.

3.1 Material animal y dietas

Se usaron 18 cabras lactantes de entre primera y quinta lactación, con un peso medio 46,6 ± 9,5 kg, de la raza Murciano-Granadina, de la granja experimental de pequeños rumiantes de la Universitat Politècnica de València (España), lugar donde se realizaron las tareas experimentales. Los 18 animales fueron divididos en grupos de 3 individuos, formando así 6 grupos de cabras. Siguiendo un diseño cruzado, cada grupo fue asignado de forma aleatoria a uno de los siguientes tratamientos: ALM, con una dieta de cebada rica en almidón y FND, con una dieta de cebada rica de fibra neutro detergente.

En la Tabla 1 se representa la composición química e ingredientes de ambos piensos.

Ingredientes (g/kg)	FND	ALM	Composición química (% MS)	FND	ALM
Cascarilla soja	32	-	MS	89,29	88,57
Gluten	30	-	UFL	1,03	1,03
Soja	17,33	27,01	PB	17,99	17,90
Cebada	7,64	61,96	EE	7,23	5,22
Salvado	6,93	-	FND	37,44	14,08
Grasa	3	3	Almidón	16,00	35,54
Magnapack	1,82	0,93	Calcio	0,6	0,97
Melaza	0,50	4	Fósforo	0,48	0,50
Corrector crecimiento	0,40	0,40	Azúcar	2,86	5,53
Carbonato cálcico	0,27	1,29	Cenizas	5,56	6,37
Sal	0,12	0,41			
Fosfato bicálcico		0,99			

Tabla 1. Composición de las dietas utilizadas en el experimento.

Cada animal recibía diariamente 1,5 kg del pienso correspondiente al tratamiento más 1 kg de heno de alfalfa.

Los grupos de animales eran alojados en un corral en el que se les suministraba la dieta correspondiente, de forma secuencial, fueron introducidos en días alternos en una cámara dinámica (Martí *et al.*, 2011) en la que se valoraron, tanto su actividad como la medición de emisión de gases.

3.2 Medición de gases en cámara dinámica

Las dimensiones de la cámara eran de 1,80 m de ancho por 2,80 m de largo por 2,50 m de alto y un volumen de 12,8 m³. Estas medidas se determinaron a partir del Real Decreto 1201/2005, de 10 de Octubre, sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos, siendo de 0,7 m² por animal en ovino y 0,8 m² en caprino.

Los cerramientos de la cámara son de Polimetil metacrilato (PLEXIGLAS®) y paneles de policarbonato multicelular (Macrolon®). Estos materiales, además de aportar la rigidez y resistencia necesaria, son transparentes, permitiendo así observar el interior de la cámara desde fuera y reducir el estrés de los animales por aislamiento.

Dentro de la cámara se situó un comedero, el cual contaba en la parte superior con un suministrador automático para el alimento y bebida, evitando así tener que entrar a la cámara para tareas de alimentación. La cámara igualmente contaba con un pequeño ventilador para homogeneizar el aire y 3 videocámaras para registrar la actividad de las cabras de forma continua.

Cada grupo que entró a la cámara fue previamente aislado, con un día de antelación, para una mejor adaptación y convivencia, y además los individuos eran marcados para facilitar su identificación. Seguidamente, se procedía a su aislamiento dentro de la cámara durante aproximadamente 26 horas.

Entre las tareas realizadas se encuentra un seguimiento de la producción de leche de las cabras. Para ello se controló la producción en los ordeños correspondientes a un día antes de la entrada a la cámara, el día de entrada, el día de salida y dos días posteriores a esta. Los animales se introdujeron en la cámara a las 9:00 h de la mañana, momento en que eran alimentados en el interior de la misma. A las 9:00 h de la mañana del día siguiente los animales eran alimentados de nuevo a través de un dispensador automático programable. Aproximadamente a las 11:00 h de la mañana, pasadas unas 26 horas desde la entrada, se sacaban a los animales y se procedía a limpiar y preparar la cámara para el siguiente grupo de animales.

Con el fin de evitar problemas digestivos en los animales, causados por los cambios bruscos de la dieta, al salir de la cámara el grupo recibía un día más de dieta y luego era cambiado a la dieta contraria, esperando una semana para su siguiente entrada.

3.2.1 *Equipo de medición de gases y variables ambientales*

Para la medición de metano y dióxido de carbono se utilizó un sistema de medida de gases de tecnología fotoacústica que recogía las concentraciones de ambos gases con una frecuencia de 5 minutos (INNOVA 1412, Lumasense, Dinamarca). La muestra de gases se tomaba del el tubo de evacuación de la ventilación, siendo así representativa de la concentración en el interior de la cámara. Tras la salida de los animales se tomaron medidas, durante 24 horas, en el exterior de la cámara, a fin de conocer las concentraciones de gases a la entrada de la misma. En ambos casos, el transporte de la muestra hasta el sistema de medida de gases se realizó mediante conducciones plásticas (PVC Ø 6mm) y utilizando una bomba de aspiración (Bravo Plus M).

3.3 *Valoración del comportamiento de los animales*

Los animales fueron grabados en video para evaluar su comportamiento y sus niveles de actividad, tanto general como específica. El sistema consistió en un circuito de televisión con 3 cámaras de video equipadas con infrarrojos para visión nocturna ubicadas dentro de la cámara dinámica, un monitor a color (CIRCONTROL®) y un videograbador (CIRCONTROL® DIGITAL VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM) que permitía la grabación

continua de los animales. Posteriormente a su grabación se realizó la observación de los vídeos de acuerdo a la técnica de Scan Sampling, tomándose como muestra representativa un fotograma cada cinco minutos y registrándose el tipo de actividad que llevaba a cabo en ese instante cada uno de los tres animales de la cámara, tal y como se muestra en la Tabla 2

Actividad	Descripción
Rumia de pie	Las cabras de pie realizando la rumia.
Rumia tumbado	Las cabras tumbadas realizando la rumia.
Explorar en alto	Las cabras apoyadas en sus patas traseras, explorando en alto.
Explorar	Las cabras de pie o caminado, explorando.
Interacción Positiva	Comportamiento no agresivo de una cabra a otra, lamer, olfatear, tumbada o de pie, etc.
Agresiones	Agresión de una cabra a otra o de una cabra a las otras cabras.
Caminar	Las cabras Caminan dentro de la cámara.
Correr/ saltar	Las Cabras corran o salten dentro de la cámara.
Come Pienso	Las cabras se alimenten con pienso.
Come Paja	Las cabras se alimenten de paja.
Beber Agua	Las cabras beban agua.
Tumbado	Las cabras tumbadas.
De Pie	Las cabras de pie.
Otros	Otro tipo de actividades que no han sido nombradas, como vocaliza, se rasca etc.

Tabla 2. Etograma registrado a partir de los animales en el interior de la cámara dinámica.

3.4 Análisis de los datos

El análisis de los datos para determinar el efecto en las cabras de la introducción a la cámara y los tratamientos sobre la producción de leche se efectuó mediante un análisis estadístico de Varianza realizado con el programa Statgrafics 5.1. Para este análisis se tomó como variable dependiente la producción de leche y como variables independientes el tipo de tratamiento y el día de ordeño.

Por otra parte para el análisis de los datos de la medición de CH₄ y CO₂ se realizaron dos análisis estadísticos de la varianza tomando como variables dependientes las emisiones de CH₄ y CO₂, y como variables independientes la dieta y el grupo para cada uno de los casos.

En cuanto a los datos de comportamiento, se analizaron mediante el paquete estadístico SAS, realizando un modelo de regresión de Poisson con el procedimiento GLIMMIX.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Producción de leche

En la Tabla 3 se observa la media (\pm d.e.) de la producción de leche medida en mililitros durante los 5 días de control. Los valores del tercer día son los pertenecientes al día de salida de los animales de la cámara, y esto comprende la producción de leche correspondiente al día en que los animales se encontraban dentro de la misma.

Grupo	Tratamiento	Producción de leche (ml/día)				
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
1	ALM	*	*	1850 \pm 630	*	*
	FND	1542 \pm 692	1643 \pm 560	1727 \pm 498	1438 \pm 457	1825 \pm 720
2	ALM	*	1700 \pm 264	2030 \pm 271	*	*
	FND	1567 \pm 57	1692 \pm 189	1828 \pm 491	1565 \pm 52	1783 \pm 200
3	ALM	2017 \pm 809	1925 \pm 770	2007 \pm 756	*	*
	FND	1925 \pm 714	1958 \pm 701	1619 \pm 714	1649 \pm 607	2108 \pm 259
4	ALM	1750 \pm 548	1533 \pm 321	1733 \pm 311	*	1550 \pm 507
	FND	1817 \pm 682	1527 \pm 351	1659 \pm 370	1843 \pm 810	2075 \pm 854
5	ALM	1392 \pm 685	1883 \pm 652	*	*	*
	FND	2083 \pm 357	1917 \pm 160	1792 \pm 285	2156 \pm 159	1383 \pm 104
6	ALM	2217 \pm 450	1967 \pm 838	1874 \pm 548	1809 \pm 652	1750 \pm 665
	FND	1933 \pm 653	1767 \pm 500	2074 \pm 339	1617 \pm 488	*

*Datos no disponibles en el momento de la redacción de este trabajo.

Tabla 3. Valores en ml de la producción media (\pm d.e.) de leche de los 6 grupos durante 5 días según el tratamiento utilizado (ALM ó FND).

La producción media a lo largo de los 5 días fue de 1811 \pm 498 ml, rendimiento que se encuentra dentro del rango de valores normales que citan diversos autores (1500 a 2500 ml (Casey y Van Niekerk. 1988); 1700 ml (Lafuente *et al.*, 1992); 1414 ml (Mota *et al.*, 2008).

En lo referente al análisis de la varianza, éste indica que el animal y sus condiciones físicas (variable potencialmente afectada por la edad y el peso) tienen una significativa influencia sobre el nivel de producción de leche, dado que la variable “animal” muestra diferencias significativas ($P > 0,00001$) para los niveles de rendimiento. En cambio, las

variables “día de ordeño” y “tratamiento” no mostraron un efecto significativo sobre la producción de leche, con P-valores de 0,7516 y 0,5587 respectivamente.

Por tanto, dado que no se observan diferencias significativas en la producción de leche durante el periodo de medición, se puede señalar que el ingreso de los animales a la cámara dinámica no interfiere en la producción de leche ni tampoco el que se les suministrase FND o ALM. Hay que señalar que la producción de leche podría haberse afectado ya que cuando los animales son sometidos a procesos estresantes debido al desencadenamiento de las hormonas del estrés, como los glucocorticoides se inhibe la lactancia (Ilanikove, *et al.*, 2000).

4.2 Emisiones diarias de CH₄

En la Figura 1 se observa la pauta de variación diaria del metano, en los dos tratamientos y la variación para cada uno

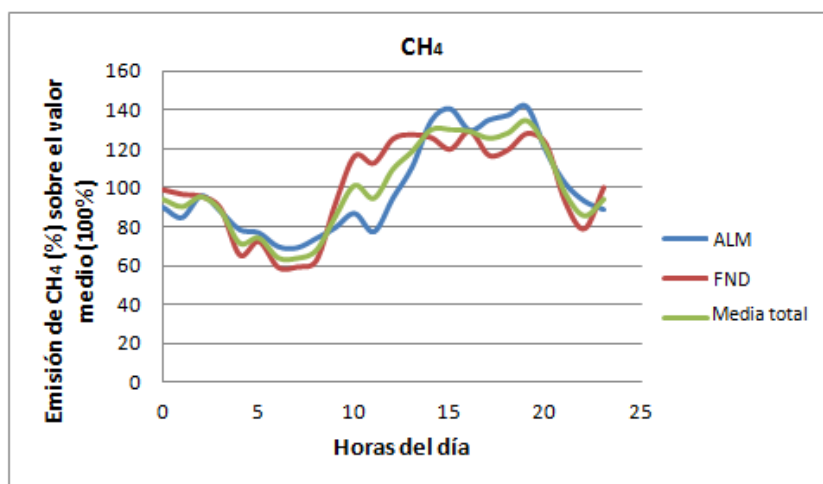


Figura 1. Tendencia diaria del nivel de emisiones de metano para cada una de las dietas estudiadas.

En general, se observa una tendencia parecida por parte de los dos tratamientos, produciéndose mayores emisiones de CH₄ durante el día que durante la noche. Se aprecia un aumento brusco de metano en ambos grupos en el momento del ingreso de los animales a la cámara, hacia las 9:00 horas de la mañana. En las horas del mediodía

y tarde, hacia las 14:00 h y siguiendo hasta las 19:00 h, se observa un pico de metano con el tratamiento con ALM. Ya en la noche, entre las 21:00 y 23:00 h se produce un descenso de la emisión de metano en ambos tratamientos.

Los valores medios de CH₄ indican que se presentó mayor producción en el tratamiento con ALM, con una media de $2,27 \pm 0,48$ l/kg pm•día, frente a los $1,16 \pm 0,34$ l/kg pm•día del grupo con FND. Esto difiere de lo expuesto por autores como Popova, *et al.* (2011), que establecen que las dietas altas en almidón participan en la disminución de emisión de CH₄ por parte de los rumiantes, sin afectar su producción. No obstante, se podría decir que posiblemente este resultado se debió a que el tratamiento con mayor contenido de grasa es el de FND (7,23%), siendo menor en el de ALM (5,22%). La adición de grasa puede conllevar una disminución de las emisiones de CH₄ entérico (Grainger y Beauchemin, 2011; Popova *et al.*, 2011).

4.3 Emisiones diarias de CO₂

En lo referente a las emisiones de CO₂, en la Figura 2 se observa la tendencia diaria desde el ingreso de los animales hasta su salida.

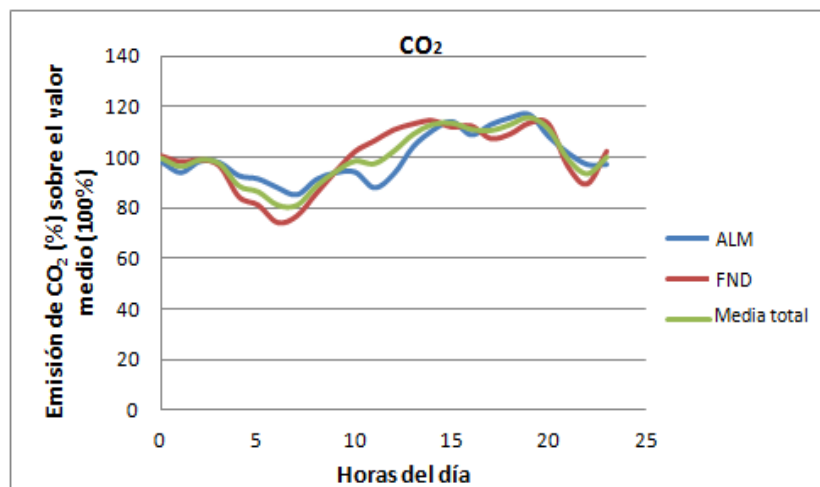


Figura 2. Tendencia diaria del nivel de emisiones de CO₂ para cada una de las dietas estudiadas.

Se aprecia que las emisiones de CO₂ aumentan en el momento que los animales ingresan a la cámara a las 9:00 h hasta las 14:00 h, observándose después estabilidad hasta las 20:00 h por parte del tratamiento con FND y un disminución con el tratamiento con ALM a las 12:00h. Hay que señalar que estos valores dependen del tamaño del animal y de su actividad, siendo a mayor actividad, mayor el valor de las emisiones. La producción de CO₂ depende de la especie, la masa corporal y el nivel de alimentación y, además, está estrechamente relacionada con el cociente respiratorio (Pedersen *et al.*, 2008). Cabe indicar que los procesos de fermentación entérica también pueden afectar de forma muy significativa a la producción de CO₂ (Cunningham, 2002).

Se observo que la mayor producción de CO₂ en los dos tratamientos se da en las horas del día, ya que en ese espacio se presenta mayor actividad y movimiento. Esto se debe a que la emisión de CO₂ se relaciona estrechamente con la tasa metabólica de los animales y su actividad (Estellés *et al.*, 2010).

Consecuentemente, durante la noche se produce una reducción en la producción de CO₂ que se puede relacionar con la disminución en la actividad física. Esto ocurre desde las 21:00 h hasta las 23:00 h, donde aumenta levemente y se mantiene hasta las 03:00 h. Este leve aumento puede deberse a que, como apuntábamos anteriormente, la fermentación entérica y el estiércol incrementan los niveles de CO₂.

4.4 Comportamiento

En la Figura 3 se observa el efecto de los dos tratamientos y la hora del día sobre la variable “estar de pie”. Las diferencias entre ambos tratamientos resultaron significativas ($P < 0,0001$), así como de la interacción entre el tratamiento y la hora del día ($P < 0,0001$).

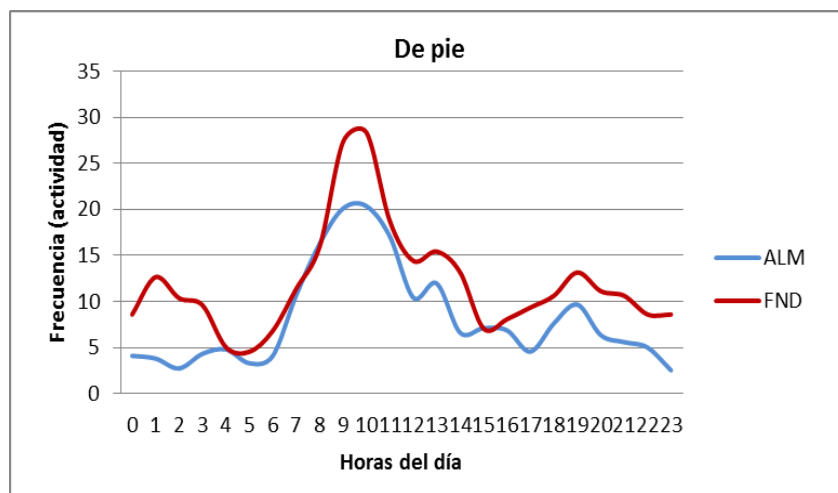


Figura 3. Evolución diaria del comportamiento “de pie” para cada una de las dietas estudiadas.

Como se puede observar, los animales pasaban más tiempo de pie cuando consumían el tratamiento con FND. Se aprecia también que la mayor separación de las curvas se sitúa entre las 00:00 y 4:00 h y entre las 9:00 y 12:00 h. Esto podría deberse a que el tratamiento ALM les producía mayor saciedad y mayor dificultad en su digestibilidad. Se debe mencionar que las cabras cuando consumieron esta dieta presentaron mayor consumo de paja.

Por otro lado, se puede relacionar el estado de pie con que las cabras estaban en constante atención a los movimientos que sucedían fuera de la cámara, en posición alerta y de pie. Miranda de la lama (2009) establece que el comportamiento tiene su origen en conductas básicas la conducta innata y la conducta adquirida. La primera está constituida por patrones conductuales instintivos propios de una especie que se heredan completamente (principalmente son las conductas de alimentación, reproducción y los mecanismos de alerta). La segunda, comprende a todos aquellos comportamientos que se adquieren en el transcurso de la vida, a través del aprendizaje, generalmente por medio del ensayo error (experiencias positivas y negativas) y que pueden variar de un individuo a otro de la misma especie.

Se podría decir entonces que el estado de pie, aparte de ser indicativo de actividad de algún tipo, es una conducta normal en las cabras en forma de alerta, además que se presentara con mayor énfasis en las horas de presencia de humanos dentro de la granja.

En la Figura 4 se muestra la interacción para la variable “tumbado” entre los 2 tratamientos y la hora. Las diferencias entre ambos tratamientos fueron significativas ($P < 0,0001$), así como de la interacción entre el tratamiento y la hora del día ($P < 0,0001$).

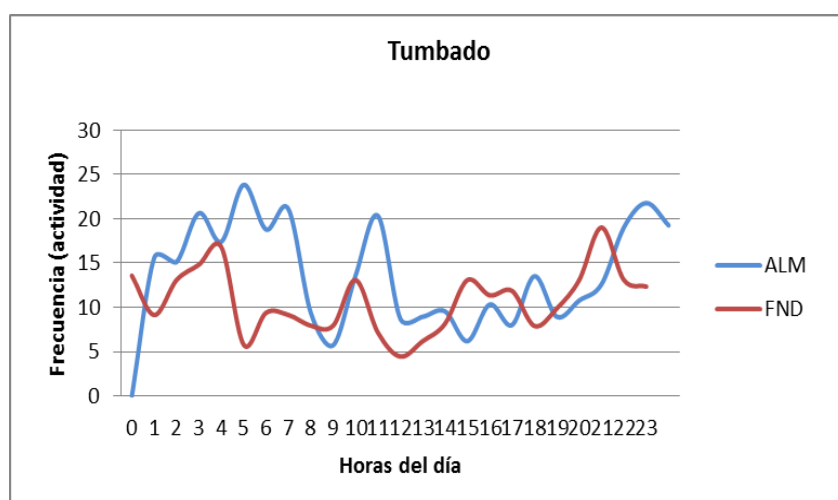


Figura 4. Evolución diaria del comportamiento “tumbado” para cada una de las dietas estudiadas.

En este caso, se observan diferencias notables entre los dos tratamientos. Los animales del tratamiento ALM se presentaban tumbados de forma más frecuente que los del tratamiento FND entre las 1:00 y las 7:00 h y de 9:00 a 11:00 h. Esto concuerda con lo expuesto anteriormente, donde indicábamos que las cabras pasaba mayor tiempo de pie cuando consumían el tratamiento con FND.

Esta diferencia de comportamiento podría deberse a que el tratamiento con FND conlleva una digestión más acelerada, relacionada con un mayor contenido en grasa. Este hecho puede suponer así una disminución del tiempo de digestión de la fibra, lo

que permitiría estar a los animales más activos y no tumbados como sucede con el tratamiento con ALM.

En la Figura 5 se observa la interacción de los datos de las agresiones con los tratamientos y la hora. Las diferencias entre ambos tratamientos no fueron significativas ($P 0,2895$), y por esta razón se agruparon en una sola línea. La interacción entre el tratamiento y la hora del día tampoco resultó significativa ($P 0,0825$).



Figura 5. Evolución diaria del comportamiento agresiones para cada una de las dietas estudiadas.

Esta falta de significación puede deberse a la baja frecuencia con la que se observaron estos comportamientos agresivos. No obstante, se aprecia en la figura que se presentan diferentes picos a lo largo del día en cuanto a muestras de conducta agresiva, con frecuencias relevantes en las horas de mayor actividad de los animales (entre las 5:00 y 14:00 h y entre las 18:00 a 20:00 h).

El temperamento agresivo o agonista determina la capacidad que tiene cada individuo para competir por recursos tales como espacio, sombra, arbustos, alimento, pareja y posición social, a través de la pelea (Miranda de la Lama, 2005). Por tanto, en el caso de este estudio, desde el momento en que entran a la cámara comenzarían a establecer una jerarquía que establezca un orden para alimentarse y beber, desde el

individuo más fuerte y hábil al más débil del grupo. Esto explicaría el aumento en la frecuencia de esta actividad en las primeras horas de la mañana, que coincidían con la entrada a la cámara. También durante la ingesta hay posturas agresivas en las cabras que pueden incluir bloqueo de los cuernos, golpes en el flanco de otra cabra que se está alimentando y mordeduras de orejas (Syme y Syme, 1979; Szabo, 2008).

En la Figura 6 se presentan los resultados relativos a la interacción entre el tratamiento y la hora del día para la variable “actividad alta”, que viene determinada por varios comportamientos registrados (explorar, explorar en alto, caminar, correr/saltar, rascarse y vocalizar). Las diferencias entre ambos tratamientos fueron significativas ($P = 0,003$), así como de la interacción entre el tratamiento y la hora del día ($P < 0001$).

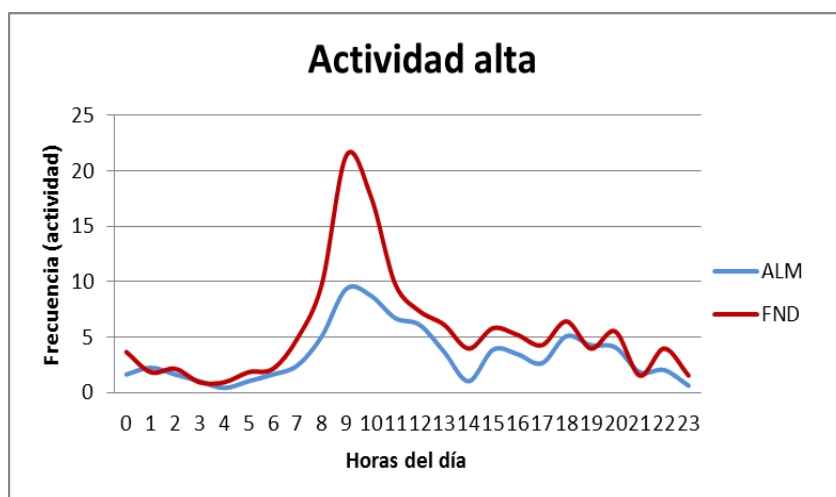


Figura 6. Evolución diaria del comportamiento de “alta actividad” para cada una de las dietas estudiadas.

La “actividad alta” aparece con una tendencia similar en ambos tratamientos, presentando un pico de alta actividad entre las 8:00 h y 13:00 h, pero con frecuencias mayores entre las 8:00 a las 10:00 h. Esto podría ser debido a que a esas horas del día hay mayor movimiento dentro de la granja por parte de los operarios y animales, manteniéndolas en un estado más alerta y activo. También coincide, parcialmente, con la hora de entrada a la cámara, en la que la exploración se supone más frecuente. En este sentido, cabe indicar que las cabras son más reactivas que las ovejas y exhiben

más frecuentemente comportamientos exploratorios, en contraste con el comportamiento tímido y temeroso de las ovejas (Kilgur y Dalton, 1984; Houpt, 2005).

Además, en esta variable se incluyen las vocalizaciones. En las cabras, éstas son indicadores de aislamiento social (Boivin y Braadstad, 1996), pudiendo mostrar una gran variedad, que incluye ronquidos, balidos, y estornudos (Kilgur y Dalton, 1984). Cabe destacar que la vocalización no ocurrió con elevada frecuencia, sucediendo mayormente en respuesta al aislamiento del grupo durante el ingreso a la cámara, y cuando percibían movimientos fuera de la cámara por parte de trabajadores de la granja.

En cuanto a las actividades “correr y saltar”, se percibieron este tipo de reacciones cuando ocurrían agresiones entre la cabra dominante a las más débiles, donde éstas emprendían rápidamente la huida y procuraban refugiarse para no ser atacadas.

La huida es para los caprinos el mecanismo de defensa más importante, y cuando no es eficaz, pueden presentar vocalizaciones reiteradas y eliminación de pequeñas porciones de excremento (Miranda de la Lama 2005).

No obstante, las cabras domésticas suelen ser muy tolerantes (en particular las razas lecheras) permitiendo incluso la aproximación de uno a dos metros por parte del hombre, antes de iniciar la huida si perciben peligro (Miranda de la Lama, 2009). En cualquier caso, no se registraron intentos de huida que comprometieran seriamente al animal.

En la Figura 7 se observa la interacción entre el efecto del tratamiento y el de la hora del día para la variable “comer pienso”. Las diferencias entre ambos tratamientos no fueron significativas ($P=0,8672$) y los resultados se presentan de forma conjunta para los dos tratamientos. La interacción entre el tratamiento y la hora del día tampoco resultó significativo ($P=0,0984$).



Figura 7. Evolución diaria del comportamiento “comer pienso” para cada una de las dietas estudiadas.

La gráfica muestra que consumían pienso durante la mayor parte del día, entre las 8:00 hasta las 20:00 h y luego de las 3:00 hasta 5:00 h. El comportamiento de ingesta continua puede deberse posiblemente a la necesidad de mantener su nivel de producción, lo cual les lleva a un mayor consumo de alimento y además a una mayor velocidad de paso, que se asocia con una menor digestibilidad (Van Soest, 1982).

Por otro lado, hay que tener en cuenta que la mayor parte el tiempo comía la cabra dominante, después la que le seguía en dominancia y por último la de menor rango, que debía esperar a que las otras dos durmieran o se tumbaran satisfechas para poder alimentarse, ya que dentro de la cámara solo se contaba con dos comederos. Este comportamiento se relaciona con que los animales participan activamente en una constante competencia por los alimentos o por el acceso a los recursos, y esto puede reducir la aptitud de los individuos (Estévez *et al.*, 2007).

No se aprecian diferencias entre los dos tratamientos con respecto a la ingesta diaria, a la frecuencia de ingesta o al tiempo dedicado a comer. Por tanto, no parecen desarrollarse preferencias permanentes por una comida u otra por parte de las cabras, como ya se indicó en estudios previos a este (Natis, 1996).

En la Figura 8 se representa la interacción entre el tratamiento y la hora para la variable “comer paja”. Las diferencias entre ambos tratamientos fueron significativas ($P < 0,0029$), así como de la interacción entre el tratamiento y la hora del día ($P < 0,0031$).

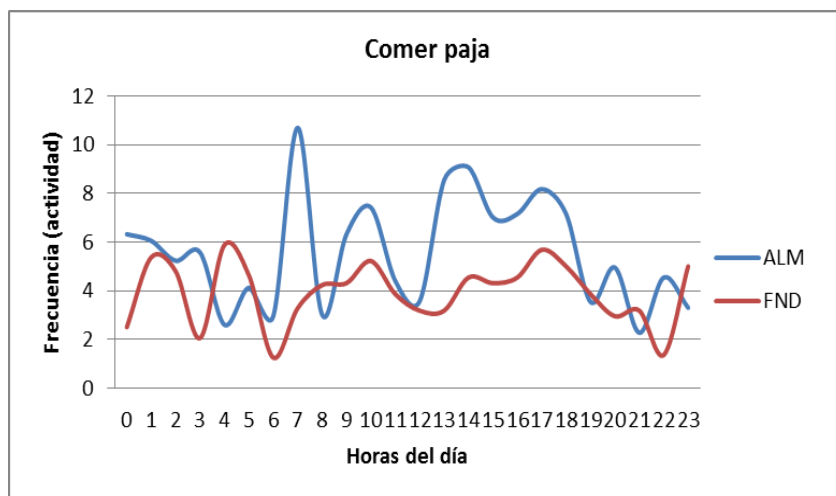


Figura 8. Evolución diaria del comportamiento “comer paja” para cada una de las dietas estudiadas.

Se observa que las cabras con el tratamiento de ALM pasaban más tiempo comiendo paja que las que consumían el tratamiento basado en FND. Las mayores diferencias aparecen entre las 6:00 y 8:00 h, después entre las 9:00 y 11:00h y luego un consumo más prolongado desde las 13:00 hasta las 18:00 h para el grupo de ALM.

Este comportamiento alimenticio podría deberse a que las cabras con el tratamiento de ALM ingerían un contenido en fibra mucho menor en comparación con el tratamiento de FND, lo cual podrían haber estado compensado aumentando el consumo de paja, o al menos el tiempo que destinaban a ello.

Finalmente, la interacción entre el tratamiento y la hora del día para la variable “rumia”, se presenta en la Figura 9.

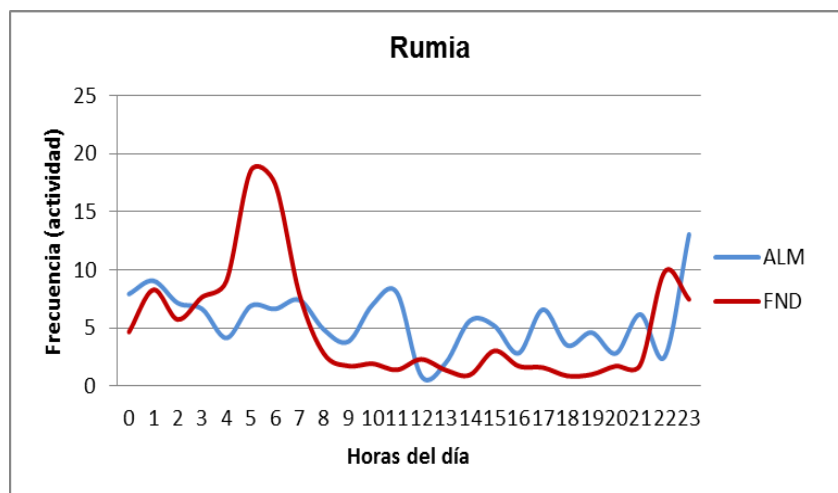


Figura 9. Evolución diaria del comportamiento de “rumia” para cada una de las dietas estudiadas.

En ella se manifiesta que es más constante la actividad de rumia cuando los animales consumieron el tratamiento con ALM que cuando consumieron el tratamiento con FND. Estos últimos muestran una pauta de rumia totalmente diferente, presentando una mayor actividad de rumia desde las 4 a 7 de la mañana. El tiempo dedicado a la rumia puede estar por tanto influenciada por la hora el día, además de por otros factores como el individuo, la alimentación o el ordeño, como se apuntaba en trabajos anteriores (Pahl *et al.*, 2012).

El tratamiento con FND parece conllevar una mayor actividad de rumia en las horas de la madrugada, lo que concuerda con que la presentación del ciclo de rumia es generalmente notable y constante, especialmente por la noche (Bell y Lawn, 1957). El tratamiento con alto contenido de ALM sin embargo, siguió una pauta de rumia diferente, con picos más frecuentes y regulares pero menos altos. Posiblemente, el tiempo de rumia y el número de bolos regurgitados por día no están relacionados con el contenido de fibra de la dieta, pero sí parecen estar relacionados con la ingesta voluntaria y el número de masticaciones con la presencia de mayor cantidad de fibra en los alimentos (Mcleod y Smith, 1989).

4.5 Relación entre comportamiento y producción de gases

Con todos los resultados expuestos, se observa que las emisiones de CH₄ no se relacionan con el comportamiento de rumia. En la Figura 1, donde se presenta la emisión de CH₄, se aprecia un aumento de la producción entre las 23:00 h y 2:00 h lo que, a priori, se podría relacionar con episodios normales de rumia nocturna como lo cita la bibliografía anteriormente. (Bell y lawn 1957). En cambio, la figura de evolución del comportamiento de rumia (Figura 9), no presenta este tipo de variaciones a esas horas determinadas. La falta de concordancia entre este estudio y la pauta de rumia previamente descrita, podría deberse a que el estudio de la pauta rumia por medio de video cámaras no sea el más adecuado.

Por su parte, la producción de CO₂ fue más elevada entre las 06:00 h y las 19:00 h, lo que no se relaciona directamente con ninguna de las actividades valoradas. Sin embargo, los eventos de “ala actividad” se producían de forma más frecuente entre las 6:00h y 10:00h, (Figura 6) lo que se podría relacionar con la producción de CO₂ a esas horas. Asimismo, las agresiones (Figura 5) también aumentan entre las 06:00 h y las 13:00 h, lo que puede contribuir al aumento de la producción de CO₂, debido al aumento en la frecuencia respiratoria a consecuencia de los episodios agresivos.

Por último, la producción de CO₂ podría relacionarse con la variable de pie (Figura 3), en la que se observa que los animales están más tiempo de pie entre las 7:00h y las 20:00 h.

5. CONCLUSIONES

Una vez analizados los datos obtenidos en este trabajo, se pueden destacar las siguientes conclusiones:

- En general, se puede determinar que los animales presentan una mayor actividad cuando son alimentados con la dieta FND.
- La pauta de rumia fue diferente en función de la dieta proporcionada, siendo más estable para la dieta ALM.
- No se observaron comportamientos anómalos dentro de la cámara que no correspondan con la bibliografía encontrada sobre el comportamiento de las cabras.
- La producción de leche no se vio afectada por el ingreso de los animales a la cámara dinámica, lo que podría ser indicativo de que este proceso no incrementa el estrés de los animales de forma significativa.
- La dinámica de producción de CO₂ se corresponde con la actividad de los animales de forma general, aunque se observan algunas discrepancias posiblemente causadas por las emisiones procedentes de la fermentación entérica.
- La producción de CH₄ no parece corresponderse con los momentos de rumia de los animales, lo que puede estar causado por un efecto diferido de la rumia y la fermentación o por errores en el sistema de observación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, J.F. y Prieto, C. (1991). Methane production in goats given diets based on Lucerne hay and barley. *Archives of Animal Nutrition* 41, pp77-84.
- Alvarez, L., Galindo, F., Martin, G.B., Zarco, Q.L., (2003). Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Animal Behaviour Science* 84, pp 119–126.
- Alvarez, L., Zarco, Q.L., Galindo, F., Blache, D., Martin, G.B., (2007). Social rank and response to the “male effect” in the Australian Cashmere goat. *Animal Reproduction Science* 102, pp 258–266.
- Arogo, J., Westerman, P.W., y Liang, Z.S. (2003). Comparing ammonium ion dissociation constant in swine anaerobic lagoon liquid and deionized water. *Transactions of the ASAE* 46(5), pp 1415-1419.
- Bell, F. R. y lawn, A. M. (1957). The Pattern Of Rumination Behaviour In Housed Goats. *The British Journal of Animal Behaviour* 5:3,pp 85–89.
- Blanchard, D.C., Sakai, R.R., McEwen, B., Weiss, S.M., Blanchard, R.J., (1993). Subordination stress: behavioral, brain, and neuroendocrine correlates. *Behavioural Brain Research*. 58, pp 113–121.
- Blaxter, K.L. y Clapperton, J.L. (1965). Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British Journal of Nutrition* 19, pp 511-522.
- Boivin, X., Braadstad, B.O., (1996). Effects of handling during temporary isolation after early weaning on goat kid's later response to humans. *Animal Behaviour Science* 48, pp 61–71
- Campling, R.C. (1970). *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminants*. Oriel Press, New Castle. pp636
- Casey, N.H., Van Niekerk W.A. (1988), The boer goat I. Origin, adaptability, performance testing, reproduction and milk production. *Small Ruminant Research* 1:3, pp 291–302
- Chai, K., Kennedy, P. M. & Milligan, L. P. (1984). Reduction in particle size during rumination in cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 64, pp 339-340.

- Corbett, J. L. (1953). Grazing behaviour in New Zealand. *The British Journal of Animal Behaviour* 1, pp 67-79.
- Clutton-Brock, T.H., Guinness, F.E y Albon, S.D., (1982). Red Deer: Behaviour and Ecology of Two Sexes. Edimburgh University Press, Chicago, IL, USA. pp 378
- Cunningham J.G. y Klein, B.G. (2002). Textbook of Veterinary Physiology. Third Edition. WB Saunders Company. pp 68.
- Estellés, F., Rodríguez-Latorre, A.R., Calvet, S., Villagrà, A. y Torres, A.G. (2010). Daily carbon dioxide emission and activity of rabbits during the fattening period. *Biosystems Engineering* 106:4, 338-343.
- Estevez, I., Andersen, I.L., Nævdal, E., (2007). Group size, density and social dynamics in farm animals. *Animal Behaviour Science* 103, pp 185–204.
- Evans, E. W., Burnett, J. y Bines, J. A. (1974). A study of the effect of exposure in the reticule-rumen of the cow on the strength of cotton, grass, hay and straw. *British Journal of Nutrition* 31, pp 273-284.
- Faverdin, P., Baumont, R. y Ingvarsten, K.L., (1995). Control and prediction of feed intake in ruminants. In: Journet M, Grenet E, Farce MH, Theriez M, Demarquilly C editor. Developments in the Nutrition of Herbivores INRA Editions, pp 95–120
- Grainger, C. y Beauchemin K.A. (2011) Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production?. *Animal Feed Science and Technology*. 166–167, pp 308–320.
- Hatziminaoglou, Y. y Boyazoglu, J.,(2004). The goat in ancient civilisations: from the fertile crescent to the aegean sea. *Small Rumin Research* 51, pp 123–129.
- Heber, A. J., Ni, J. Q., y Lim, T. T. (2002). Odor flux measurements at a facultative swine lagoon stratified by surface aeration. *Applied Engineering in Agriculture* 18:5, pp 593-602.
- Hindrichsen, I.K., Wettstein, H.R., Machmuller, A. y Kreuzer, M. (2006). Methane emission, nutrient degradation and nitrogen turnover in dairy cows and their slurry at different milk production scenarios with and without

- concentrate supplementation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113, pp 150-161.
- Houpt, K.A., 2005. Domestic Animal Behavior for Veterinarians and Animal Scientists, 4th ed. Blackwell Publishing, Ames, IA, USA. 418pp
- Immelmann, K., (1988). Introduzione all'etologia. Bollati Boringhieri. Italia, 323pp
- Johnson, K. A. y Johnson, D. E. (1995). Methane Emissions from Cattle. *Journal of animal science* 73, pp 2483-2492
- Kilgur, R., Dalton, C., (1984). Livestock Behaviour a Practical Guide. Westview Press, Boulder.
- Lafuente, A., Urrutia, B., Falagán, A. y Carrizosa, J.A. (1992). Influence of kidding period on Murciana-Granadina goat lactation in Murcia. *Meeting of E.A.A.P. Madrid. 2*, 300-301 (Abst.), pp.6.
- Lelieveld, J., Crutzen, P.J. y Dentener, F.J. (1998). Changing concentration, lifetime and climate forcing of atmospheric methane. *Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology* 50, pp 128-150.
- Mason, I.L. (1984). Evolution of Domesticated Animals. Longman, UK. 452 pp
- Martí, J.V., Estellés, F., Calvet, S. y Fernández, N. (2011). Diseño y puesta en funcionamiento de una cámara dinámica para el registro de emisiones de gases procedentes de pequeños rumiantes. VI congreso ibérico de agroingeniería, Portugal. pp. 5.
- McCaughey, W.P., Wittenberg, K. y Corrigan, D. (1999). Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Canadian Journal of Animal Science* 79, pp221-226.
- McGinn, S.M., Beauchemin, K.A., Coates, T. y Colombatto, D. (2004). Methane emissions from beef cattle. Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *Journal of Animal Science* 82, pp 3346-3356.
- McLeod, M.N. y Smith, B.R. (1989). Eating and ruminating behavior in cattle given forages differing in fibre content. Csiro Division of tropical crops and pastures. *Animal Production* 48:03 pp 503-511.

- Metz, J., Wierenga, H. (1997). Behavioural Criteria for the Design of Housing Systems for Cattle. *Cattle Housing Systems, Lameness and Behaviour. Martinus Nijhoff Publishers.*14-25
- Mills, J.A.N., Kerbreab, E., Yates, C.M., Crompton, L.A., Cammell, S.B., Dhanoa, M.S., Agnew, R.E. y France, J. (2003). Alternative approaches to predicting methane emissions from dairy cows. *Journal of Animal Science.* 81, pp 3141-3150.
- Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. (2011). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España e información adicional años 1990-2009. Comunicación a la secretaría del convenio marco sobre cambio climático y protocolo de Kioto. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Secretaría de Estado de Cambio Climático. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. D.G. Oficina Española de Cambio Climático 2.4-2.12.
- Miranda-de la Lama, G.C., (2005). Social strategy and the effect of environmental enrichment on the reactivity of handling and adrenocortical activity in dairy goats (*Capra hircus*). M.Sc. Thesis. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Miranda-de la lama, G.C (2009). Principios del comportamiento individual de los caprinos. Departamento de producción animal y tecnología de los alimentos universidad de Zaragoza, España. Artículos rumiantes archivo. Portal veterinario, albeitar. http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/3367/ARTICULOSRUMIANTES_ARCHIVO/Principios-del-comportamiento-individual-de-los-caprinos.html.
- Monteny, G.J., Bannink, A. y Chadwick, D. (2006). Green house gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112: 2–3, pp 163–170.
- Moss, A.R., Givens, D.I. y Garnsworthy, P.C. (1995). The effect of supplementing grass-silage with barley on digestibility, in-sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep at two levels of intake. *Animal Feed Science and Technology* 55, pp 9-33.

- Moss, A.R., Jouany, J.P. y Newbold, J. (2000). Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Annales de Zootechnie* 49, pp 231- 253
- Mota, M., Balcells, J., Ozdemir Baber, N.H., Bölüktepe, S. y Belenguer, A. (2008). Modelling purine derivative excretion in dairy goats: endogenous excretion and the relationship between duodenal input and urinary output. *Animal* 2:1, pp 44–51.
- Natis, A., (1997). Feeding behaviour of goats and utilisation of pasture and rangelands .*Recent advances in goat research* . pp. 39-45.
- Pahl. C., Haeussermann. A., Mahlkow-Nerge. K., Grothmann. A, Hartung. E. (2012). Comparison of rumination activity records of pressure sensors and acoustic sensors. In: Proceedings the internacional coference of agriuctural engineering CIGR- Ag Eng. Valencia 2012.
- Pedersen S., Blanes-Vidal V., Joergensen H., Chwalibog A., Haeussermann Heetkamp, M.J.W. and Aarnink, A.J.A. (2008) Carbon Dioxide Production in Animal Houses: A literature review. Summary citation from AGRICOLA, *the online catalog of the National Agricultural Library*. 10.
- Popova, M., Martin C., Eugène M., Mialon M.M., Doreau M., Morgavi D.P.(2011). Effect of fibre- and starch-rich finishing diets on methanogenic Archaea diversity and activity in the rumen of feedlot bulls. *Animal Feed Science and Technology* 166– 167, pp 113– 121
- Silanikove N., Shamay A., Shinder D., Moran A. (2000) Stress down regulates milk yield in cows by plasmin induced β casein product that blocks K^+ channels on the apical membranes *Life Sciences* 67. pp 2201-2212
- Shibata, M. y Terada, F. (2010). Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. *Animal Science Journal* 81, pp 2–10.
- Syme, G.J., Syme, L.A., (1979). *Social Structure in Farm Animals*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Netherlands. 200pp
- Szabo, S., (2008). Behaviour of dairy goats in the collecting area influence of space allowance and shape. M.Sc. Thesis. University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Wien, Austria.

- Tolu, C., Savas, T., (2007). A brief report on intra-species aggressive biting in a goat herd. *Animal Behaviour Science* 102, pp 124–129.
- Ulyatt, M. J. (1983). Plant fibre and regulation of digestion in the ruminant. In *Fibre in Human and Animal Nutrition*, G.. The Royal Society of New Zealand. Wallace and L. Bell, editors. pp, 103-107
- Ulyatt, M. J., Dellow, D. W., John, A., Reid, C. S. W. & Waghorn, G. C. (1986). Contribution of chewing during eating and rumination to the clearance of digesta from the reticulorumen. In *The Control of Digestion and Metabolism in Ruminants*, Proceedings of the Fourth International Symposium on Ruminant Physiology, pp. 488-517
- Van, D.T.T., Mui, N.T., Ledin, I., (2007). Effect of group size on feed intake, aggressive behaviour and growth rate in goat kids and lambs. *Small Ruminant Research* 72, pp 187–196.
- Van Soest, P.J. (1982). *Nutritional ecology of ruminant*. O and B Books, Corvallis, Oregon. 476pp.
- Zamora, M. (1996) Nociones de racionamiento en Ganado caprino. En Buxadé, C Bases de producción animal, Zootecnia. Producción caprina, tomo IX. pp. 270 Ediciones mundi prensa, Madrid. 366pp.
- Wang, S. Y. y Huang, D. J. (2005). Assessment of greenhouse gas emissions from poultry enteric fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 18:6, 873-878.
- Zamora, M. (1996) Nociones de racionamiento en Ganado caprino. En Buxadé, C. Bases de producción animal, Zootecnia. Producción caprina, tomo IX. pp. 270 Ediciones mundi prensa, Madrid. 366pp.
- Zeder, M., Hesse, B., (2000). The initial domestication of goats (*Capra hircus*) in the Zagros mountains 10,000 years ago. *Science* 287, 2254–2257.