

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

DEPARTAMENTO CIENCIA ANIMAL



**Influencia de la incorporación de ensilado
de alcachofa en la ración de ovejas sobre los
parámetros ruminales *in vivo*.**

TESINA MÁSTER PRODUCCIÓN ANIMAL

ALUMNO:

ION PÉREZ BAENA

DIRECTORES ACADÉMICOS:

MARTÍN RODRÍGUEZ GARCÍA

OLGA PIQUER QUEROL

VALENCIA, DICIEMBRE DE 2009

RESUMEN

Se estudió el efecto de la inclusión de ensilado de alcachofa (EA) en la ración de ovejas en mantenimiento sobre la ingestión, pH ruminal, producción de ácidos grasos volátiles (AGV) y nitrógeno amoniacal (N-NH₃). Los animales recibieron 4 raciones experimentales isoenergéticas e isoproteicas en un diseño en cuadro latino 4 x 4. Una ración control con heno de alfalfa, paja y concentrados. Y tres raciones en las que se sustituyó parte del heno de alfalfa por EA en proporciones del 10, 20 y 30% de la materia seca (MS) de la ración. La ingestión fue mayor en las raciones con EA (1016,7 g vs 970 g), presentando una tendencia lineal significativa ($P < 0,05$) y positiva. La incorporación de EA hasta un 30 % de la MS de la ración no originó variaciones relevantes del pH ruminal (6,2). La producción de AGV totales presentó una tendencia lineal significativa ($P < 0,05$) y negativa (121,8 mM para la ración control y 108,1 mM ración con 30 % EA). Esta tendencia se observa individualmente en la mayoría AGV (acético y propiónico $P < 0,05$; butírico $P < 0,001$; nvalérico $P < 0,01$; isobutírico $P = 0,05$). La concentración de N-NH₃ disminuyó linealmente ($P < 0,01$) conforme se incrementó la inclusión de EA (-2,2 mM). Se puede concluir que la incorporación de EA hasta un 30 % de la MS de la ración es bien aceptada por los animales y no origina alteraciones relevantes del pH ruminal ni variaciones importantes de la producción de AGV ni de la concentración del N-NH₃.

Palabras clave: Ácidos grasos volátiles, alfalfa, ensilado de alcachofa, nitrógeno amoniacal, oveja, pH, rumiantes.

ABSTRACT

The effect of including artichoke silage (EA) in the maintenance ration of sheep on intake, rumen pH, volatile fatty acid production (VFA) and ammonia nitrogen (N-NH₃). Serves 4 The experimental animals received isocaloric and isoproteic in a Latin square design 4 x 4. A control ration of alfalfa hay, straw and concentrates. And 3 servings in the part was replaced for alfalfa hay in proportions of EA 10, 20 and 30% of dry matter (DM) of ration. The intake was higher in rations with EA (1016.7 g vs. 970 g), showing a significant linear trend ($P < 0.05$) and positive. The addition of EA to 30% of the DM of the ration did not result in significant variations of rumen pH (6.2). The total VFA production presented a significant linear trend ($P < 0.05$) and negative (121.8 mM 108.1 mM ration and control ration with 30% EA). This trend is observed in most individual VFA (acetic and propionic $P < 0.05$; butyric $P < 0.001$; nvalérico $P < 0.01$;

isobutyric $P = 0.05$). The $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration decreased linearly ($P < 0.01$) with increasing inclusion of EA (-2.2 mM). We conclude that the incorporation of EA as much as 30% of the DM of the ration is well accepted by the animals and not cause major alterations of rumen pH or variations of VFA production or the concentration of N-NH₃.

Keywords: Volatile fatty acids, lucerne, artichoke silage, ammonia, sheep, pH, ruminants.

RESUM

Es va estudiar l'efecte de la inclusió de ensitjat de carxofa (EA) a la ració d'ovelles en manteniment sobre la ingestió, pH ruminal, producció d'àcids grassos volàtils (AGV) i nitrogen amoniacal (N-NH₃). Els animals van rebre 4 racions experimentals isoenergètiques i isoproteicas en un disseny en quadre llatí 4 x 4. Una ració control amb fenc d'alfals, palla i concentrats. I 3 racions en què es va substituir part del fenc d'alfals per EA en proporcions del 10, 20 i 30% de la matèria seca (MS) de la ració. La ingestió va ser major en les racions amb EA (1016,7 g vs 970 g), presentant una tendència lineal significativa ($P < 0,05$) i positiva. La incorporació d'EA fins a un 30% de la MS de la ració no va originar variacions rellevants del pH ruminal (6,2). La producció d'AGV totals presentar una tendència lineal significativa ($P < 0,05$) i negativa (121,8 mM per a la ració control i 108,1 mM ració amb 30% EA). Aquesta tendència s'observa individualment en la majoria AGV (acètic i propiònic $P < 0,05$; butíric $P < 0,001$; nvalérico $P < 0,01$; isobutíric $P = 0,05$). La concentració de N-NH₃ va disminuir linealment ($P < 0,01$) a mesura que incrementa la inclusió d'EA (-2,2 mM). Es pot concloure que la incorporació d'EA fins a un 30% de la MS de la ració és ben acceptada pels animals i no origina alteracions importants del pH ruminal ni variacions importants de la producció d'AGV ni de la concentració del N-NH₃.

Paraules clau: Àcids grassos volàtils, alfals, ensitjat de carxofa, nitrogen amoniacal, ovella, pH, remugants.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, debido a la baja rentabilidad que presenta el sector de los pequeños rumiantes, adquiere gran importancia reducir los costes de alimentación, que suponen entre el 60-80% de los costes totales. La utilización de subproductos agroindustriales en alimentación animal es, además de una práctica recomendable para facilitar la viabilidad económica de las explotaciones ganaderas, una necesidad medioambiental de obligado cumplimiento según directrices en vigor, de la Unión Europea, reguladas en el estado español por la Ley 10/1998 de 21 de abril, ya que la acumulación de estos residuos genera problemas medioambientales importantes. Esta ley obliga a las industrias agroalimentarias a gestionar los residuos procedentes de su actividad (Residuos Q1), y especifica directamente que *“el poseedor de residuos está obligado a gestionarlos por sí mismo, manteniéndolos en condiciones de higiene y seguridad, siendo además el responsable de sufragar los costes correspondientes a su gestión”*. La ordenanza también recoge que *“todo residuo potencialmente reciclable debe ser destinado a estos fines, evitando su eliminación en todos los casos posibles”*. Unido a estos condicionantes y teniendo en cuenta que el principal coste de producción y comercialización de las materias primas, comúnmente empleadas en la alimentación animal, son los derivados del petróleo (Lacasta y Meco, 2001) y que, cada vez más, existe la convicción de que se ha superado el máximo *“Peak Oil”* de producción mundial de petróleo (Witze, 2007; Connor, 2009; De Castro, 2009), la utilización de subproductos agroindustriales puede convertirse, a corto plazo en una necesidad más que en una alternativa para asegurar la sostenibilidad de la ganadería.

Históricamente se ha recomendado el empleo de subproductos agroindustriales en las zonas donde los forrajes naturales son insuficientes (Martínez y Medina, 1982; Gasa y Castrillo, 1991; Martínez *et al.*, 1998). En la actualidad dicha utilización parece generalizada y abarca territorios donde los forrajes naturales son excedentarios. Uno de los subproductos más abundantes, pese a que su producción no es mayoritaria, es el subproducto de alcachofa (*Cynara scolymus*, L). La comercialización e industrialización de la alcachofa genera gran cantidad de subproducto, de distintos orígenes: producto fresco procedente del desbracteado y destrío en cooperativas, producto fresco resultante del procesado industrial (brácteas externas, tallos e inflorescencias) y producto cocido proveniente de la industria conservera. Esta hortaliza, cuya producción en España se ha reducido de manera significativa en los últimos años, de 427,9 10³ t en 1990 a 198,9 10³ t en 2009 (MARM, 2009) sigue teniendo un papel

destacado entre los cultivos de la zona mediterránea, 58,869 t en la Comunidad Valenciana (CARM, 2009).

La alcachofa se cosecha de forma continua entre Octubre y Mayo, siendo la época de máxima recolección la primavera (65-75% del total). Durante el otoño-invierno su destino principal es el consumo en fresco, mientras que en primavera el gran aumento de la producción es absorbido por la industria, que genera el mayor volumen de subproducto disponible. Los restos del procesado industrial (brácteas externas, tallos e inflorescencias) suponen el 75% del peso inicial procesado (Martínez y Medina, 1982).

Varios autores (Gasa *et al.*, 1988; Hernández *et al.*, 1992; Marsico *et al.*, 1995; Meneses *et al.*, 2002; Bonomi *et al.*, 2004) resaltan la buena aceptación por parte de los pequeños rumiantes (ovino y caprino) del subproducto de la alcachofa en diferentes estados (ensilado, deshidratado y fresco). De hecho, en la región de Murcia los subproductos de la alcachofa son habitualmente utilizados en la mayoría de las explotaciones de rumiantes (Martínez *et al.*, 1998). Siendo el ensilado el método de conservación más económico y recomendado para este tipo de subproductos con elevada humedad (Gasa *et al.*, 1988).

El subproducto de alcachofa presenta un contenido en materia seca (MS) que varía del 11% (Moreno y Ocio, 1988) al 17,8% (Mejías, 1989). El ensilado de alcachofa (EA) es un alimento fibroso 292,5±51 g/Kg MS y rico en proteína 155,9±27 g/Kg MS (Pérez-Baena, 2008). Se ha observado que el EA puede reemplazar parte del heno de alfalfa (HA) en la ración de ovejas lactantes, incorporándose hasta un 30% de la MS de la ración, sin que afecte negativamente a la producción y composición de leche (Pérez-Baena, 2008), ni a las características sensoriales de los productos derivados: leche, cuajada (Rodríguez, 2006); queso fresco (Pérez-Baena, 2008) y queso madurado (Jaramillo, 2009). Sin embargo hay muy poca información sobre las características fermentativas de dietas completas que incorporen EA.

Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la inclusión de EA en la dieta de ovejas sobre la evolución de los parámetros ruminales *in vivo*: pH, ácidos grasos volátiles (AGV) y nitrógeno amoniacal (N-NH₃) utilizando diferentes niveles de EA como sustituto de parte del HA.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Subproducto ensilado de alcachofa.

Para este trabajo se utilizó subproducto de alcachofa, variedad blanca de Tudela, procedente de una industria conservera localizada en la Comunidad Valenciana, dedicada a la elaboración de corazones cocidos. El subproducto fresco adquirido no fue sometido a ningún tratamiento térmico en la industria y estaba compuesto por brácteas externas, tallos e inflorescencias. La alcachofa se ensiló en un silo zanja sin el empleo de aditivos, controlando su evolución mediante medidas semanales de pH. El silo se consideró estable a los 28 días desde su elaboración (pH 4,2). En la Tabla 1 se puede observar la composición química del EA.

Tabla 1. Composición química del EA utilizado para formular las raciones experimentales (g/kg MS)

	MS	Cenizas	Proteína bruta	Grasa bruta	Fibra bruta	FND ¹	FAD ²	LDA ³
EA	159	90	156	19	293	498	332	101

¹Fibra neutro detergente.

²Fibra ácido detergente.

³Lignina ácido detergente.

2.2. Animales y raciones experimentales.

El procedimiento experimental, condiciones y cuidado de los animales fueron aprobados por el comité ético de bienestar animal de la Universidad Politécnica de Valencia, siguiendo los códigos de buenas prácticas para animales utilizados en trabajos experimentales de laboratorio de la UE (2003/65CE).

Para la realización de este trabajo se utilizaron 4 ovejas adultas de la raza manchega fistuladas a nivel ruminal con una cánula permanente (50 mm de diámetro). Los animales se alojaron en locales individuales y fueron alimentados 2 veces al día (9:00 y 15:00 h), con disponibilidad de agua fresca y limpia a voluntad. En un estudio previo se formularon 4 raciones experimentales siguiendo las recomendaciones del INRA (1990) para cubrir las necesidades de ovejas lactantes (65 Kg; 2,5 l x día⁻¹), con el fin de valorar el efecto que tenían sobre la producción y composición de leche. Para este trabajo, se redujeron estas necesidades en un 52% por encontrarse los animales en mantenimiento, ya que se quiere observar el efecto de esas mismas raciones sobre los parámetros ruminales. A partir de una ración control (R0)

basada en el heno de alfalfa (HA) y paja de cebada como forrajes, se prepararon 3 raciones con el 10% (R10), 20% (R20) y 30% (R30) de EA como sustituto de parte del HA. Las dietas formuladas eran isoenergéticas e isoproteicas y presentaban una composición química similar (Tabla 2). El EA se suministro junto con el resto de componentes de la raciones en forma de mezcla homogénea.

Tabla 2. Ingredientes (g MS), composición química (% MS) y valor nutritivo de las raciones experimentales: 0%, 10%, 20% y 30% de EA.

	<i>Raciones experimentales</i>			
	R0	R10	R20	R30
<i>Ingredientes (g /día)</i>				
Ensilado Alcachofa	0	120	240	360
Heno Alfalfa	504	384	264	144
Paja Cebada	158.4	185	211	238
Cebada (grano)	288	192	96	0
Maíz	115.2	177	240	301
Soja	132	140	148	155
Complejo mineral	36	36	36	36
Melazas	19,2	19,2	19,2	19,2
CaCO ₃	0	3.24	6.48	9.71
Total (kg MS)	1253	1256	1261	1263
<i>Valor nutritivo</i>				
UFL ¹	0,99	0,97	0,97	0,98
PDIE (g/kg MS)	124	122	124	123
PDIN (g/kg MS)	129	128	129	128
ULO ²	1,0	1,1	1,0	1,1
<i>Composición química (%MS)</i>				
MS (%)	85,98	56,39	42,04	33,54
CENIZAS	9,38	9,11	9,60	10,62
Proteína bruta	14,81	15,52	15,50	14,48
Grasa bruta	1,36	1,49	1,25	1,76
Fibra bruta	24,01	21,62	21,02	22,19
FND ³	43,13	43,04	43,39	43,16
FAD ⁴	23,70	23,36	22,56	23,49
ADL ⁵	3,02	3,02	2,42	2,90

¹ Unidades forrajeras leche.

² Las Unidades lastre ovino del EA fue estimado con el programa INRAtion PrévAlim 2.70 a partir de su composición química, utilizando como alimento de referencia el HA.

³ Fibra neutro detergente.

⁴ Fibra ácido detergente.

⁵ Lignina ácido detergente.

2.3. Procedimiento experimental.

Las raciones experimentales se ofrecieron a los animales siguiendo un diseño de cuadro latino balanceado 4 X 4. En cada periodo de 10 días (P₁; P₂; P₃; P₄) cada animal recibió una de las raciones experimentales asignadas, dedicándose el día 11 al muestreo de líquido ruminal. A través de la cánula ruminal, se muestrearon aproximadamente 50 ml de líquido ruminal mediante succión con un tubo flexible unido a una jeringa de 200 ml. Las muestras se tomaron antes de la primera comida de la mañana (0h) y posteriormente a las 1, 2, 4, 6 h (justo antes de la segunda comida), 8 y 12 h después. Una vez extraída la muestra se procedió a la lectura de pH del líquido ruminal (pH-metro C533, Consort nv, Turnhout, Bélgica) y este se filtró a través de cuatro capas de gasa. Para las determinaciones del nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y de los ácidos grasos volátiles (AGV), se tomaron 3 ml y 800 µl de líquido ruminal filtrado, respectivamente y se mezclaron con 3 ml de HCl (0,2 M) en un tubo de plástico para el análisis del N-NH₃ y con 100 µl de solución conservante (5% H₃PO₄ + 1%Cl₂Hg) y 100 µl de 4-metil-valérico (utilizado como patrón interno) en viales Eppendorf® para el análisis de AGV. Las muestras se mantuvieron congeladas hasta su análisis a -80 ° C.

2.4. Análisis químicos.

La materia seca (MS), cenizas, proteína bruta, grasa bruta y fibra bruta de las materias primas utilizadas en la elaboración de las raciones experimentales, se determinaron por el método descrito por la AOAC (2003). Las fracciones de fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (ADL) se determinaron siguiendo el método de Van Soest *et al.* (1991) utilizando una pre-amilasa termoestable al tratamiento.

La concentración de N-NH₃ de las muestras de líquido ruminal se determinó por el método Kjeldahl (AOAC, 2003). Para analizar los AGV, previamente se descongelaron y centrifugaron las muestras durante 10 minutos (3000 rpm), se filtraron a través de un filtro de celulosa (0,45 µm) y del efluente obtenido se transfirieron 250 µl a viales de inyección. Se inyectó 1 µl de cada muestra en el cromatógrafo de gases (Fisons serie 8000, Milán, Italia) dotado de un detector FID y un inyector del tipo splits/splitless. El equipo disponía de inyector automático AS800 siendo la columna utilizada una DB-FFAP (J & W, USA) de 30 m x 0,25 mm (diámetro interior) x 0,25 µm de espesor de film. La temperatura del inyector y del detector se mantuvo en 250 ° C. Los cálculos de los AGV: ácido acético, butírico, propiónico,

iso-butírico, iso-valérico, n-valérico y caproico, se realizaron según el método del patrón interno empleando como tal el ácido 4-metil-valérico.

2.4. Análisis estadístico.

Los datos obtenidos de la ingestión diaria, pH ruminal, N-NH₃ y AGV se analizaron mediante un análisis de la varianza utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis Systems Institute, 1990). Los efectos lineales y cuadráticos se analizaron mediante el procedimiento ESTIMATE de SAS para el análisis de contraste.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1. Ingestión de alimento.

El efecto de las raciones experimentales sobre la ingestión de MS se expone en la Tabla 3. La cantidad de MS ingerida fue mayor en las raciones que contienen EA, aumentando significativamente ($P < 0,05$) de forma lineal con la inclusión de EA y una tendencia cuadrática ($P = 0,056$) negativa. La sustitución de parte de HA por EA en la ración originó un incremento medio de la ingestión de 35,2 g/día, sin embargo cuando esta sustitución es superior al 20% de la MS (R30) tiende a reducirse la ingestión 26,2 g/día. El periodo en que los animales recibieron cada una de las raciones (11 días), no originó diferencias significativas de ingestión ($P > 0,05$). No existiendo interacción de la ración con el día, lo que indica una evolución similar de la ingestión para las diferentes raciones (R0; R10; R20; R30).

Tabla 3. Efecto de las raciones experimentales sobre la ingestión de MS (g/día).

	Materia seca \pm ES
Raciones¹ (g día⁻¹)	
R0	970 ^a \pm 13,52
R10	1014 ^b \pm 13,52
R20	1022 ^b \pm 13,52
R30	1014 ^b \pm 13,52
Significación (P-value)	
Factores²	
Ración	0,031
Día	0,728
Interacciones³	
Ración x Día	0,598
Contraste⁴	
Lineal	0,022
Cuadrático	0,056

¹Error estándar.

²Raciones: R0, ración control; R10, 20 y 30 raciones donde se incluye EA en proporción del 10, 20 y 30% respectivamente. Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

³Efecto Factor, R: Ración; D: Día del tratamiento (desde el día 1 hasta el día 11).

⁴R x D: Interacción Ración experimental con Día del tratamiento

⁵Análisis de Contraste Lineal y Cuadrático.

La aceptabilidad de las raciones, evaluada como la proporción de MS ingerida respecto de la MS ofertada (Mazorra *et al.*, 2002), fue elevada (77,4; 80,7; 81,1 y 80,3 %, en R0, R10, R20 y R30, respectivamente) y similar a la obtenida para el HA (86,1%) por Barroso *et al.* (2002). Estos autores comprobaron que la aceptación de los subproductos de huerta es muy variable en el ganado ovino: ensilado de judías verdes (93,71%), ensilado del tomate (65-70%). En la misma línea, Piquer *et al.* (2009) en un estudio con ovejas manchegas comprobó la buena aceptabilidad de raciones que incorporaban frutos enteros de cítricos (FEC) en un 0, 13, 26 y 39 % de la MS de la ración, obteniendo un valor del 94,52 % para la ración control (0% FEC), y de un 94,80; 95,87 y 91,59% para las que incorporaba FEC en un 13, 26 y 39% de la MS de la ración, respectivamente.

El EA presentó un menor contenido en proteína bruta (-16,3 g/Kg MS) y un mayor contenido en fibra (+34,5 g/Kg MS) que el HA. Sin embargo estas pequeñas diferencias se corrigieron en la formulación de las raciones, cuya composición química fue similar. La diferencia más importante se debe a la MS de las raciones, que es de 86,0% en la R0, 56,4%, 42,0% y 33,5% en R10, R20 y R30, respectivamente. Por lo que es posible que el mayor contenido en humedad de las raciones con EA mejorara la palatabilidad de las raciones, haciéndolas más apetecibles. En un trabajo previo (Pérez-Baena, 2008) realizado con ovejas lactantes y raciones experimentales con EA en 0, 10, 20 y 30 % de inclusión, se observó una elevada aceptabilidad de las raciones (93,85; 91,92; 89,23 y 88,26% en 0, 10, 20 y 30 %, respectivamente), que tendió a reducirse al aumentar la cantidad de EA en la ración. Este resultado, opuesto al obtenido en el presente trabajo, puede estar relacionado con la mayor cantidad de alimento fresco ofrecido a los animales en lactación (3,024; 4,57; 6,18 y 7,75 kg/día en R0, R10, R20 y R30, respectivamente), que estaría en los límites de la capacidad de ingestión de las ovejas.

3.2. pH

Los efectos de la inclusión de EA en la ración de ovejas sobre los parámetros ruminales se exponen en la Tabla 4. No se observó tendencia significativa ($P > 0,05$) lineal o cuadrática en el pH del fluido ruminal tras la sustitución progresiva de HA por EA. Si se observaron diferencias entre las distintas raciones, de modo que las ovejas que fueron alimentadas con la R20 presentaron un pH significativamente menor (-0,10; $P < 0,01$) que las que alimentadas con R10 y R30. Siendo el principal factor de variación la hora de recogida de las muestras, lo cual es de esperar. Sin embargo, la interacción “ración x hora” no fue significativa ($P > 0,05$), lo

que indica una evolución similar del pH en todas las raciones como se puede comprobar en la Figura 1. De forma conjunta, se observa que para todas las raciones los valores de pH más elevados ($6\pm 0,04$) se obtuvieron antes de la primera comida (hora 0), ascendiendo 1 hora después ($6,3\pm 0,04$), para mantenerse sin variaciones ($P>0,05$) hasta la hora 6 (16:00 h), justo antes de la segunda toma de alimento. Tras la ingestión de la 16:00 h, el pH del líquido ruminal vuelve a descender en la primera hora ($6,1\pm 0,04$) y se mantiene durante 4 horas, para volver a descender hasta alcanzar los niveles más bajos 2 horas después ($5,9\pm 0,04$) correspondientes a las 12 horas transcurridas tras la primera ingestión (21:00 h). Sin embargo, ese descenso tras la segunda toma se debe al acusado descenso de pH obtenido para la R0 dos horas después de la primera toma y su progresión descendente hasta las 21:00 h, y no al pH obtenido con las variaciones que producen las raciones con EA, ya que para todas ellas, el pH aumenta tras la segunda toma, manteniéndose más o menos constante hasta las 21:00.

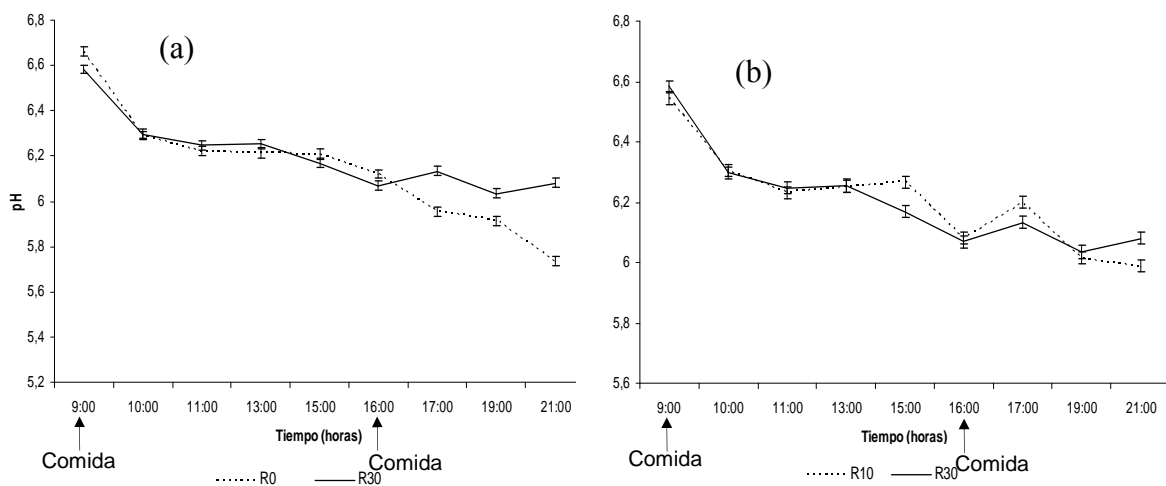


Figura 1. Evolución del pH ruminal en ovejas alimentadas con las raciones R0 y — R30 (a) y con las raciones R10 y — R20 (b).

A pesar de que el valor medio de pH en las raciones ensayadas fue menor en R20 ($6,1\pm 0,02$), no existió una tendencia lineal negativa al ir sustituyendo HA por EA, posiblemente debido a que conforme aumenta la inclusión de EA hay una reducción de concentrados (46% en R0, del 44%, 42% y 40% en R10, R20 y R30, respectivamente). Ben-Ghedalia *et al.* (1989), obtuvieron valores de pH ruminal de 6,2 y 6,4 para dietas que incluían cereales y pulpa de cítricos, respectivamente. En la misma línea, Piquer *et al.* (2009) obtuvo una tendencia lineal y positiva ($P<0,001$) para el pH a medida que se incorporaba FEC en las

raciones en 0, 13, 26 y 39 % de la MS de la ración. Guedes y Dias da Silva (2005) también encontraron valores más bajos cuando utilizaban raciones basadas en cereales que cuando incorporaban pulpa de remolacha (6,3 vs 6,5, respectivamente). Sin embargo estos resultados no coinciden con los obtenidos con las raciones que incluyen EA, ya que el valor medio más bajo de pH en las raciones ensayadas fue para R0 y R20, 6,15 y 6,1 respectivamente, por lo que este efecto entre raciones con cereales y raciones con subproductos no se observa para las raciones con EA en sustitución del HA, posiblemente debido a que la cantidad de cereales sustituida es muy pequeña (-100 g) para la ración con máxima incorporación de EA. Las raciones húmedas, como las que incorporan EA (R10, R20 y R30), estimulan la insalivación menos que las raciones secas (R0), la mayor cantidad de alimento en las raciones húmedas induce una mayor masticación, estimulando la producción de saliva y su efecto tampón en el rumen (Russell y Chow, 1993). Este efecto tamponante fue suficiente en R0 y en R10, pero fue insuficiente en R20 para mantener el valor medio de pH en el intervalo óptimo (6,2 a 7) del rumen, siendo el pH de la R30 mayor ($6,2 \pm 0,02$) debido posiblemente a que la menor producción de AGV facilitó la neutralización de la acidez.

Tabla 4. Efecto de la ración (R0, R10, R20 y R30) sobre el pH, contenido en AGV y N-NH₃ (mmol/l) del líquido ruminal.

	Raciones experimentales				Factores ²		Interacciones ³	Contraste ⁴			
	Medias ± SE ¹				R	H		Lineal		Cuadrático	
	R0	R10	R20	R30			P	Media ± SE	P	Media ± SE	
pH	6,15 ^{ac} ±0,02	6,21 ^{ab} ±0,02	6,11 ^c ±0,02	6,21 ^{ab} ±0,02	0,006	<0,001	0,51	0,367	0,03±0,03	0,387	0,02±0,02
N-NH ₃ ⁵ (mmol/l)	18,71 ^a ±1,71	16,46 ^{ab} ±1,71	18,14 ^{ab} ±1,71	15,06 ^b ±1,71	0,006	<0,001	0,97	0,006	-2,23±0,65	0,494	-0,42±0,59
AGV ⁶ (mmol/l)	121,81 ^a ±3,40	119,32 ^a ±3,40	120,45 ^a ±3,40	108,07 ^b ±3,45	0,030	0,040	0,99	0,010	-10,02±3,83	0,150	-4,95±3,41
A:P ⁷	4,18 ^a ±0,067	4,41 ^b ±0,067	4,43 ^b ±0,067	4,15 ^a ±0,068	0,003	0,081	0,80	0,780	-0,09±0,31	<0,001	-0,51±0,14
AGV (mmol/l)											
Acético	80,27 ^a ±2,30	79,51 ^a ±2,30	80,37 ^a ±2,30	71,89 ^b ±2,35	0,027	0,007	0,98	0,019	-6,07±2,42	0,093	3,86±2,18
Propiónico	19,80 ^a ±0,64	18,15 ^{ab} ±0,64	18,19 ^{ab} ±0,64	17,35 ^b ±0,65	0,060	<0,001	0,93	0,013	-1,83±0,72	0,534	0,40±0,64
Butírico	16,79 ^a ±0,58	16,36 ^a ±0,58	16,37 ^a ±0,58	13,96 ^b ±0,59	0,003	0,620	0,99	<0,001	-2,12±0,61	0,072	-0,10±0,55
I-butírico	1,29±0,04	1,29±0,04	1,21±0,04	1,18±0,05	0,250	<0,001	0,80	0,052	-0,10±0,05	0,663	-0,02±0,04
n-valérico	1,38 ^a ±0,06	1,30 ^a ±0,06	1,29 ^{ab} ±0,06	1,12 ^b ±0,06	0,030	0,959	0,91	0,005	-0,20±0,07	0,485	-0,04±0,06
I-valérico	1,86±0,09	1,91±0,09	1,86±0,09	1,79±0,09	0,847	<0,001	0,93	0,540	-0,07±0,11	0,522	-0,06±0,10
Caproico	0,39 ^a ±0,14	0,74 ^{ab} ±0,14	1,05 ^b ±0,14	0,73 ^{ab} ±0,14	0,010	<0,001	0,99	0,035	0,33±0,15	0,016	-0,33±0,14

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05).

¹Medias de grupos experimentales donde el ensilado de alcachofa se incluyó en un 0, 10, 20 y 30% de la MS de la ración y su error estándar.

²Efecto Factor, R: ración (R0, R10, R20 y R30 % EA); H: hora de la toma de muestras de líquido ruminal (0,1,2,4,6,7,8,10 y 12 h).

³R x H: Interacción ración experimental con hora de la toma de muestras de líquido ruminal.

⁴Análisis de Contraste Lineal; Cuadrático.

⁵Nitrógeno amoniacal.

⁶Ácidos grasos volátiles totales = ∑ (acético, propiónico, butírico, i-butírico, n-valérico, i-valérico, caproico).

⁷Relación acético/propiónico

3.3. Ácidos grasos volátiles.

El contenido medio de AGV del líquido ruminal en las raciones ensayadas disminuye linealmente ($P < 0,05$) al aumentar el nivel de inclusión de EA (Tabla 4) observándose un descenso medio de los AGV de 5,9 mmol/l por cada nivel de inclusión (10,20 y 30% de EA).

Esta tendencia lineal significativa y negativa se observa en casi todos los AGV (acético y propiónico $P < 0,05$; butírico $P < 0,001$; n-valérico $P < 0,01$; iso-butírico $P = 0,05$), que reducen su contenido en el líquido ruminal a medida que aumenta la incorporación de EA en la ración. Por el contrario, el ácido caproico, aumenta linealmente al aumentar la inclusión de EA, presentando también una tendencia cuadrática ($P < 0,05$) negativa, es decir aumenta progresivamente con la incorporación de EA en la ración hasta el 20%, pero desciende cuando se incorpora el 30% de EA, y únicamente el ácido iso-valérico mantiene un nivel similar en todas las raciones (1,85 mmol/l). La relación acético:propiónico (A:P) sigue una tendencia cuadrática ($P < 0,001$) negativa con la incorporación de EA, aumentando respecto a la ración control con la adición del 10% y 20% de EA (+0,23 y +0,25, respectivamente), y disminuyendo en la ración con el 30% de EA, cuyo valor es similar a la R0. Lo que puede deberse a la menor concentración de acético obtenido con la ración R30, descenso que podría estar relacionado con la menor cantidad de HA y el tipo de fibra del EA.

El principal factor de variación para la mayor parte de los AGV del líquido ruminal fue la hora de recogida de muestras, ya que la concentración de AGV depende de la fermentación del alimento ingerido. La interacción “ración x hora” no fue significativa en ningún caso, y tampoco lo fue en la relación acético-propiónico, lo que indica una evolución similar durante el día de los diferentes AGV en todas las raciones ensayadas (Figura 2). De manera conjunta los AGV totales en todas las raciones presenta sus valores más bajos cuando las ovejas están en ayunas, debido a que la mayor parte del alimento ingerido en la última toma prácticamente se ha fermentado. A partir de la ingestión de alimento (9:00 h) se observa un aumento rápido del contenido en AGV durante las 2 primeras horas, manteniéndose a niveles elevados sin que haya diferencias ($P > 0,05$) hasta 12 horas después.

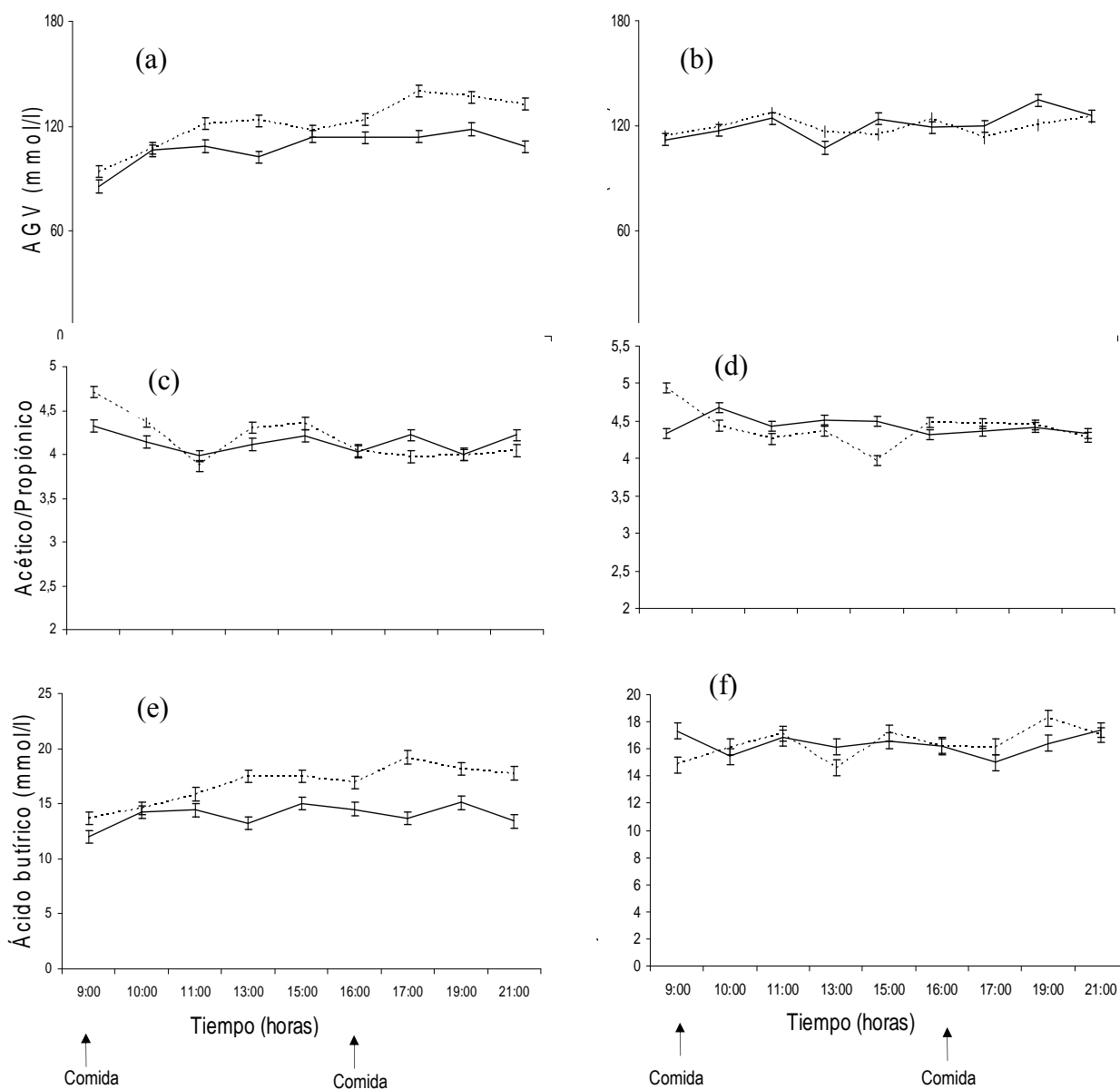


Figura 2. Evolución de los AGV (a, b), relación acético/propiónico (c, d) y ácido butírico (e, f) presentes en el líquido ruminal de ovejas alimentadas con las raciones R0 y —R30 (a,c,e) y con las raciones R10 y —R20 (b,d,f).

En los restantes AGV, el n-valérico se mantiene prácticamente constante todo el periodo de estudio. Sin embargo, los ácidos iso-butírico, iso-valérico y caproico presentan una evolución opuesta a la observada en los ácidos acético y propiónico. Sus valores más elevados se obtienen cuando el animal está en ayunas, se produce un descenso importante en las primeras 4 horas después de la primera comida (0 horas) y se mantienen posteriormente con pocas variaciones hasta el final del periodo estudiado (12 horas).

Las raciones que han incorporado un 10% y 20% de EA presentan una producción de AGV similar a la ración con HA como principal forraje, pero la ración que incorpora el 30% de EA reduce la producción de AGV. En la ración con el 30% de EA, el contenido en AGV fue significativamente menor ($P < 0,05$) que en el resto de las raciones, y su reducción respecto a la ración control fue de 11,3%, debido principalmente al descenso de los ácidos acético (-8,16 mmol/l) y butírico (-2,54 mmol/l). La relación A:P es mayor en las raciones R10 y R20 que en las raciones R30 y R0.

La cantidad de AGV determinada en el líquido ruminal es similar a la obtenida por France y Djikstra (2005) en ganado ovino en raciones con 30% y 60% de concentrado.

A pesar de que las raciones ensayadas son isoenergéticas e incluyen proporciones de concentrado del 46% en R0, del 44%, 42% y 40% en R10, R20 y R30, respectivamente, reduciéndose el aporte de concentrados un 6 % y el de HA en un 30% de la MS respecto a la ración control. La producción de AGV, que representa alrededor del 70% de la energía de la ración (Calsamiglia y Ferret, 2002), tiende a reducirse con la incorporación de EA y la reducción de concentrado, no habiendo diferencias en R0, R10 y R20, pero en R30 si se observó una menor concentración de AGV. Este resultado puede ser debido a las fuentes de almidón utilizadas, ya que las raciones R0, R10 y R20 utilizan cebada y maíz, pero R30 sólo utiliza maíz, cuyo almidón es menos fermentado en el rumen que el de la cebada (Herrera-Saldaña *et al.*, 1990; Bacha, 2002), lo que originaría una menor producción de AGV en el rumen y un mayor aporte de glucosa en el intestino delgado (Herrera-Saldaña *et al.*, 1990).

3.4. Nitrógeno amoniacal.

El contenido de N-NH₃ en el rumen disminuye linealmente ($P < 0,01$) al aumentar el nivel de EA en la ración, 16,6 mmol/l para cada nivel de inclusión. En la Figura 5 se observa la evolución de la concentración de N-NH₃ a lo largo del día (9:00 a 21:00 h) para las diferentes raciones experimentales en estudio. El N-NH₃ crece tras la primera comida diaria (9:00) de 18,47 a 21,01 mmol/l ($P < 0,001$) para luego decrecer (15,27 mmol/l) hasta el momento previo a la segunda comida (16:00 h) incrementándose después.

La concentración de N-NH₃ en el rumen fue más elevada en el líquido ruminal de las ovejas que habían sido alimentadas con la ración R0 que con las raciones que contenían EA (+2,2 ± 0,7 mmol/l, P<0,01), decreciendo linealmente (P<0,01) conforme se incrementaba el porcentaje de EA incorporado en la ración. Esto podría explicarse debido a la variación de cereales en las raciones en estudio. Se incrementó progresivamente la cantidad de maíz (115,2 vs 301 g MS*día⁻¹, para R0 y R30, respectivamente) en detrimento de la cebada (288 vs 0 g MS*día⁻¹, para R0 y R30, respectivamente) a medida que se aumentó la concentración de EA en la ración. Sin embargo, Haddad (2006) estudió el efecto de la sustitución del 10 y 20 % de la MS de cebada, por maíz en dietas de corderos, y observó que la cebada se degradó más rápido que el maíz, produciendo mayor cantidad de proteína microbiana en detrimento de la concentración de N-NH₃, ya que las bacterias fermentativas de la fibra utilizan como fuente de N el N-NH₃ (Hristov y Ropp, 2003). En el mismo sentido, Feng (1995) observó en terneros, que las dietas con cebada provocaban mayor fermentación a nivel ruminal de los carbohidratos presentes en la ración que las dietas que contenían maíz.

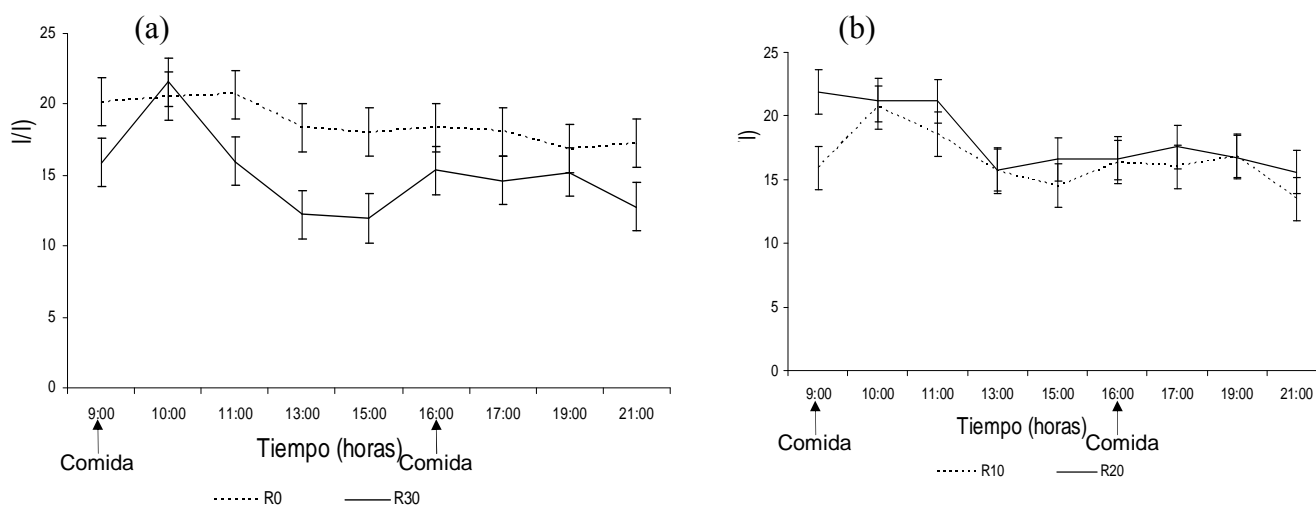


Figura 5. Evolución de la concentración de N-NH₃ (mmol/l) en el líquido ruminal de ovejas alimentadas con las raciones R0 y — R30 (a) y con las raciones R10 y — R20 (b).

Las concentraciones de N-NH₃ obtenidas en el líquido ruminal de las ovejas alimentadas con las dietas experimentales (15,06-18,71 mmol/l) coinciden con las obtenidas por Oh *et al.* (1998) para ovejas alimentadas con raciones ricas en concentrados (17,4 mmol/l) y un porcentaje de proteína elevado, pero son superiores a las encontradas por otros autores: Piquer (2009) incorporando FEC, obtiene valores medios entorno 4,4 mmol/l; Ben-Ghedalia *et al.* (1989) obtuvo valores de 10,0 y 14,09 mmol/l para dietas con pulpa de cítrico deshidratada y cebada, respectivamente. La elevada concentración de N-NH₃ podría estar relacionado con las elevadas cantidades de PDIE (124, 122, 124, 123 g/Kg MS, en R0, R10, R20 y R30, respectivamente) ofrecida a las ovejas en las raciones experimentales estudiadas, superior a las utilizadas por estos autores en sus trabajos.

CONCLUSIONES.

Los resultados de este trabajo permiten concluir que la incorporación de EA en las raciones de ovejas, como sustituto de parte del HA, es bien aceptada por los animales hasta una proporción del 30% de la MS de la ración. No originó alteraciones importantes del pH en el líquido ruminal y produciendo concentraciones similares de AGV y N-NH₃, respecto a la ración con HA como principal forraje.

Por lo que es posible incluir EA en las raciones de pequeños rumiantes en sustitución de parte del HA y el cereal, sin ocasionar alteraciones importantes en la fermentación ruminal.

Bibliografía.

AOAC. (2003). AOAC International, 2003. Official methods of analysis of AOAC international. Official Method 945.18. Cereals Adjuncts, 17th ed. 2nd revision. Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD, USA.

Bacha. (2002). Nutrición, patología digestiva y salud intestinal de rumiantes en cebo: aspectos prácticos. XVIII Curso de especialización FEDNA. Barcelona.

Barroso, F.G.; Murillo, M.; Martínez, T.F.; Moyano, F.J. (2002). Aceptación de silos de productos vegetales de invernadero por ovinos. XXVII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Valencia.

Ben-Ghedalia, D.; Yosef, E.; Miron, J. and Est, Y. (1989). The effects of starch- and pectin-rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep, *Anim. Feed Sci. Technol.* (24) (1989), pp. 289–298.

Bonomi, A.; Bonomi, B.M.; Quarantelli, A.; Superchi, P. (2004). L'impiego della farina di foglie di carciofo disidratate (*Cynara scolymus* L.) nell'alimentazione delle pecore da latte (2004) *Rivista di Scienza dell'Alimentazione (Italy)* v. 33(3) p. 153-158.

Calsamiglia, S.; Ferret, A. and Devant, M. (2002). Effect of pH and pH fluctuations on microbial fermentation and nutrient flow a dual-flow continuous culture system. *Journal of Dairy Animal Science.* 85:574-579.

CARM. (2009). Comunidad Autónoma de Murcia. www.carm.es

Connor, S. (2009). Science Editor. Warning: Oil supplies are running out Fast. *The Independent.* August 3, 2009.

De Castro, C. (2009). Escenarios de Energía-Economía mundiales con modelos de dinámica de sistemas. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid. Directiva 2003/65/CE. PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 22 de julio de 2003.

Feng, P.; Hunt, C. W.; Pritchard, G. T. and S. M. Parish. (1995). Effect of barley variety and dietary barley content on digestive function in beef steers fed grass hay-based diets. *Journal of Dairy Animal Science*. 73: 3476.

France, J. and Dijkstra, J. (2005). Volatile Fatty Acids Production. Pp 157-175. in: *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. Dijkstra, J.; Forbes, J. M. and France J. (eds). CAB International. London, UK. 2nd edition.

Gasa, J.; Castrillo, C.; Guada, J. A. (1988). Valor nutritivo para los rumiantes de los subproductos de la industria conservera de hortalizas y frutas: 2. alcachofa y guisante. *Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animales* 3 (1), 75-91.

Gasa, J.; Castrillo, C. (1991). Criterios de utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación de rumiantes. Hojas divulgadoras. HD 13/91. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

Guedes and Dias da Silva, (2005). C.M. Effects of dietary carbohydrate sources on degradation kinetics of nitrogen from plant protein sources in the rumen, *J. Sci. Food Agric.* (85) (2005), pp. 1795–1804.

Haddad, S.G.; Nars, R.E. (2006). Partial replacement on barley grain for corn grain: Associative effects on lambs growth performance. *Small Rum. Res.* 72, 92-95.

Hernández, F.; Pulgar, M. A.; Cid, J. M.; Moreno, R.; Ocio, E. (1992). Valoración nutritiva de residuos de alcachofa (*Cynara scolymus* L.): hojas desecadas al sol y planta completa ensilada. *Archivos de Zootecnia*. Vol. 41: 257-264.

Herrera-Saldana, R.E.; Huber, J.T.; Poore, M.H. (1990). Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. *Journal of Dairy Animal Science*. 73:2386-2393.

Hristov and Ropp, (2003) A.N. Hristov and J.K. Ropp, Effect of dietary carbohydrate composition and availability on utilization of ruminal ammonia nitrogen for milk protein synthesis in dairy cows. *Journal of Dairy Animal Science*. 86 (2003), pp. 2416–2427.

INRA (1990). Alimentación de los rumiantes. Institut National de la Recherche Agronomique.. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Jaramillo, D.P.; Buffa, M. N.; Rodríguez, M.; Pérez-Baena, I.; Guamis, B.; Trujillo, A. J. (2009). Effect of the inclusion of artichoke silage in the ration of lactating ewes on the properties 14 of milk and cheese characteristics during ripening. Journal of Dairy Animal Science (impress).

Lacasta, C.; R. Meco. (2001). La cerealicultura ecológica es más rentable, estudio energético y económico. La fertilidad de la Tierra nº 3, 23-28.

MARM. (2009). Resumen de los avances de alcachofa: superficies y producciones agrícolas. 2009. www.marm.es

Marsico, G.; Ragni, M.; Vicenti, A.; Caputi Jambrenghi, A.; Tateo, A.; Giannico, F.; Vonghia, G. (1995). The quality of meat from lambs and kids reared on feeds based on artichoke (*Cynara scolymus* L.) bracts. ISHS Acta Horticulturae 681:IV International Congress on Artichoke.

Martínez, T. A.; Medina, B. M. (1982). Contribución al estudio de los subproductos de la industria conservera de Murcia en la alimentación animal. Archivos de zootecnia. 31(120): 155- 169.

Martínez, A.; Madrid, J.; Megías, M. D.; Gallego, J. A.; Rouco, A.; Hernández, F. (1998). Uso de forrajes y subproductos en las explotaciones de vacuno de leche de la Región de Murcia. Archivos de zootecnia. 44: 33-42.

Mazorra, C.; Borges, G.; Blanco, M.; Marrero, P.; Martínez, G. (2002). Aceptabilidad relativa de las principales especies de plantas que componen las coberturas citrícolas de la CPA “José Martí”. Zootecnia Tropical, 20(3):341-355.

Megías, M.D. (1989). Aportaciones al conocimiento de los ensilados de subproductos de la industria de conservas vegetales. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia, España.

Meneses, M.; Madrid, J.; Megías, M.D.; Hernández, F. (2002). Determinación de la digestibilidad in vivo de dos subproductos agroindustriales ensilados: Brócoli (*Brassica*

oleareacea, var. Italica) y Alcachofa (*Cynara scolymus*). XXVII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Valencia.

Moreno, R. R.; Ocio, T. R. (1988). Recursos alimenticios para la ganadería en la Región de Murcia. Consejo Superior de Investigaciones científicas. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS).

NRC (2001). National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC. Pages 65–67.

Oh, Y. G., Kim, K. H., Kim, J. H., Choung, J. J., and Chamberlain, D. G. (1998). The effect of the form of nitrogen in the diet on ruminal fermentation and the yield of microbial protein in sheep consuming diets of grass silage supplemented with starch or sucrose. *Anim. Feed Sci. Technol.* 78:227–237.

Piquer, O.; Ródenas, L.; Casado, C.; Blas, E. and Pascual, J.J. (2009). Whole citrus fruits as an alternative to wheat grain or citrus pulp in sheep diet: Effect on the National Research Council. 2001. Pages 65–67 in Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC

Pérez-Baena, I.; Vicente, C.; Romero, T.; López, M.C.; Pla, M.; Rodríguez, M. (2008). Influencia de la incorporación de ensilado de alcachofa en la ración de ovejas lactantes sobre las características sensoriales del queso fresco. XXXIII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Pp. 437-440.

Rodríguez, M.; Pérez, I.; López, M.C.; Martí, J.V.; Pla, M.; Pascual, J.J.; Piquer, O (2006). Influencia de la incorporación de ensilado de alcachofa en la ración de ovejas lactantes sobre el sabor de la leche y de la cuajada. XXXI Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC). Pp. 100-104.

Russell, J. B.; and Chow, J. M. (1993). Another theory for the action of ruminal buffer salts: Decreased starch fermentation and propionate production. *Journal of Dairy Science* 76:826.

Sawar, M.; Firkins, J.L.; Eastridge, M.L. (1992). Effects of varying foraged and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Animal Science*. 75:2752.

Statistical Analysis Systems Institute. (1990) SAS[®] User's Guide; Statistics, version fifth ed., (1990). SAS Institute, Cary, NC, USA.

Sauvant, D.; Meschy, F.; Mertens, D. (1999). Les composantes de l'acidose ruminale et les effets acidogènes des rations. *INRA Prod. Anim.* 12:49-60.

Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; and Lewis, B. A.. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Animal*. 74:3583-3597.

Witze, A. (2007). There's oil, folks... Optimists see oil gushing for decades; pessimists see the planet's energy future drying up. *Nature* 445:14-17.