

REALIMENTAR LAS OVEJAS *AD LIBITUM* LUEGO DE UNA RESTRICCIÓN ENERGÉTICA DURANTE LA MITAD DE LA GESTACIÓN NO AFECTÓ EL DESEMPEÑO ANIMAL, LA EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL ALIMENTO Y LA CALIDAD DE LA CARNE DE LOS CORDEROS

S. Luzardo¹, G. de Souza¹, D. González², G. Quintans³, G. Banchemo⁴

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la restricción de energía en ovejas desde el día 48 al 106 de gestación y posterior realimentación *ad libitum*, en el desempeño pre y postdestete, calidad de la canal y la carne de sus corderos. Las ovejas gestando corderos únicos o mellizos fueron asignadas a dos tratamientos nutricionales desde el día 48 hasta el día 106 de gestación: restringido (R; $n = 60$) al 60% de sus requerimientos de energía metabolizable (EM), o no restringido (NR; $n = 54$) al 100% de sus requerimientos de ME. Luego del período de restricción, las ovejas pastorearon todas juntas *ad libitum* hasta el destete. Posteriormente, los corderos machos comenzaron una fase de engorde en confinamiento hasta la faena. Se determinó el peso corporal de las ovejas durante el período experimental y al destete. Se registraron la carga fetal y el sexo de los corderos, y se midió el consumo de alimento y el peso corporal de éstos desde el nacimiento hasta el sacrificio. Luego de la faena, se determinaron: el peso de la canal caliente (PCC) y su rendimiento (RC), la profundidad del tejido subcutáneo (punto GR), longitud de la canal (LC) y de la pierna (LP), pesos de las piernas (PSH) y del frenched rack (FR). Transcurridos 5 días de almacenamiento de la carne (maduración), se determinó su color instrumentalmente y la fuerza de corte (Warner-Bratzler) en el músculo *Longissimus lumborum*. Las ovejas NR pesaron 7,5 kg más que

las ovejas R ($P < 0,05$) al final del período de restricción. El peso al nacer del cordero (PN) no se vio afectado ($P > 0,05$) por el tratamiento dietario de sus madres, aunque los corderos machos y únicos presentaron un PN mayor ($P < 0,05$) que las hembras y los mellizos, respectivamente. No se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en el peso al destete (PD) entre los tratamientos nutricionales de las ovejas o el sexo del cordero. El consumo promedio estimado de leche por cordero no se vio afectado ($P > 0,05$) por la restricción nutricional de las ovejas ni por la carga fetal. Los corderos nacidos de ovejas R o NR no difirieron ($P > 0,05$) en la eficiencia de conversión (EC) de la leche, mientras que los corderos mellizos fueron más eficientes ($P < 0,05$) que los nacidos únicos. Los corderos machos nacidos de ovejas R y NR no difirieron ($P > 0,05$) en el PD, el peso vivo final, el consumo de alimento y la EC durante la fase de engorde. El peso de la canal caliente (PCC), rendimiento de la canal (RC), punto GR, LC y LP no se vieron afectados ($P > 0,05$) por la restricción energética de las ovejas ni por la carga fetal. La luminosidad de la carne (parámetro L^*) fue mayor ($P < 0,05$) en corderos nacidos de ovejas R que NR. Las ovejas restringidas al 60% de sus requerimientos de EM en la mitad de la gestación, parecen tener la capacidad de compensar cualquier efecto negativo sobre el crecimiento y desarrollo del cordero, siempre y cuando existan condiciones adecuadas de realimentación en la gestación tardía y durante la lactancia.

¹ Programa Nacional de Investigación en Producción de Carne y Lana, INIA Tacuarembó, Uruguay

² Programa Nacional de Investigación en Producción de Carne y Lana, INIA La Estanzuela, Uruguay.

³ Programa Nacional de Investigación en Producción de Carne y Lana, INIA Treinta y Tres, Uruguay

Palabras clave: programación fetal, cordero, restricción nutricional, crecimiento, calidad de carne.

ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate maternal energy restriction in ewes from day 48 to 106 of gestation on pre- and post-weaning lambs' performance, carcass and meat quality when their dams were fed *ad libitum* after the restriction period. Ewes bearing single or twin lambs were assigned to two dietary treatments from day 48 to day 106 of gestation: restricted (R; $n = 60$) at 60% of their metabolizable energy (ME) requirements, or non-restricted (NR; $n = 54$) at 100% of their ME requirements. After the restriction period ewes grazed all together *ad libitum* until weaning. Subsequently, male lambs were placed in a feedlot until slaughter. Ewes body weight was recorded during nutritional treatment application and at weaning. Litter size and lamb sex were recorded, and feed intake and body weight were measured from birth until slaughter. After slaughter, carcass weight and yield, subcutaneous tissue depth (GR site), carcass (CL) and leg length (LL), frenched rack (FR) and leg weights were determined. After 5 days of meat aging, color parameters and Warner-Bratzler shear force were determined on *Longissimus lumborum* muscle. Non-restricted ewes weighed 7.5 kg more than R ewes ($P < 0.05$) at the end of the restriction period. Lamb birth weight (BW) was not affected ($P > 0.05$) by dams' treatment although male and single lambs had a greater ($P < 0.05$) BW than females and twins, respectively. No significant differences ($P > 0.05$) were detected on the weaning weight between ewes' feeding treatments or lamb sex. Estimated average milk intake by lambs was not affected ($P > 0.05$) by dams' treatments and litter size. Lambs born to R or NR ewes did not differ ($P > 0.05$) in feed conversion ratio (FCR) of milk, while twins were more efficient ($P < 0.05$) than single-born. Male lambs from R and NR ewes did not differ ($P > 0.05$) in weaning and final weight, feed intake and FCR during the fattening phase. Slaughter and hot carcass weight, carcass yield (CYd), GR, CL and LL

were not affected ($P > 0.05$) by treatment and litter size. Brightness of meat (L^* value) was greater ($P < 0.05$) in lambs from R ewes than NR. Ewes restricted at 60% of their ME requirements in mid-gestation seems to have the capacity to compensate any detrimental effects on lamb growth and development if adequate refeeding conditions are provided in late gestation and throughout lactation.

Keywords: fetal programming, lamb, nutritional restriction, growth, meat quality.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas extensivos de producción ovina en Uruguay están sujetos a cierto grado de restricción nutricional en las ovejas durante la gestación, debido a la baja calidad y disponibilidad de las pasturas naturales en invierno (Bermúdez y Ayala, 2005).

Wu *et al.* (2006) indicaron que alteraciones en la nutrición fetal y balance endócrino pueden dar lugar a adaptaciones en el desarrollo fetal que cambien permanentemente la estructura, fisiología, metabolismo y crecimiento post nacimiento del recién nacido. Una adecuada nutrición materna proporciona los nutrientes necesarios para la proliferación celular miogénica y, por lo tanto, la formación de fibras musculares (Du *et al.*, 2017).

La restricción nutricional prenatal en la madre (desde el día 30 a 70 de gestación) durante el período de diferenciación muscular ha mostrado un aumento en las fibras musculares tipo IIB y de la grasa intramuscular; no obstante, los efectos sobre la posterior calidad de la canal de los corderos podrían ser no muy significativos (Daniel *et al.*, 2007). En este sentido, ovejas con restricción nutricional durante la gestación temprana o media no han presentado un efecto negativo importante en la calidad de la canal, terneza de la carne y características de las fibras musculares (Nordby *et al.*, 1987; Piaggio *et al.*, 2018). Sin embargo, la restricción nutricional durante la gestación tardía de la oveja tiene un importante efecto negativo sobre el crecimiento post nacimiento del cordero, debido

un retardado desarrollo placentario y crecimiento fetal (Taplin y Everitt, 1964).

Aunque la capacidad de transferencia de nutrientes de la placenta responde a estímulos ambientales, ésta se adapta para mantener el suministro de nutrientes al feto, particularmente cuando la placenta es pequeña (Fowden *et al.*, 2006). Por lo tanto, el menor efecto de la restricción nutricional de las ovejas durante la gestación temprana y media en el posterior desempeño del cordero podría explicarse por una compensación a nivel uterino durante el último tercio de gestación y/o durante la lactancia cuando las ovejas son alimentadas *ad libitum* (Krausgrill *et al.*, 1999; Piaggio *et al.*, 2018).

Con el fin de estudiar la magnitud de los procesos antes mencionados, el presente trabajo evaluó el desempeño de los corderos durante la lactancia y en la fase de engorde, midiendo el consumo y eficiencia de conversión de la leche materna y de la ración totalmente mezclada (RTM). La hipótesis del estudio fue que los corderos nacidos de ovejas sometidas a una restricción nutricional energética desde el día 48 al 106 de gestación, no presentarían efectos negativos en el desempeño animal pre y post destete, calidad de la canal y la carne, cuando sus madres fueron alimentadas *ad libitum* luego del período de restricción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en la Unidad Ovinos de la Estación Experimental INIA La Estanzuela (34° 20' 23.72" S – 57° 41' 39.48" O). Los procedimientos experimentales fueron aprobados por el Comité de Ética Animal del INIA (número 2016.48).

Procedimiento experimental

Ovejas Ideal adultas (4 años de edad y múltiples) fueron sincronizadas utilizando una doble dosis de 160 mg de d-Cloprostenol (Veteglan Laboratorio Calier, Barcelona, España) y apareadas colectivamente en el segundo celo luego de la sincronización con 6

carneros/100 ovejas de la raza Finnish. Ciento catorce ovejas ($44,2 \pm 4,9$ kg PV) gestando corderos únicos ($n = 75$) o mellizos ($n = 39$) fueron asignadas a 2 tratamientos nutricionales desde el 48 al 106 de gestación: a) restringidas (R), ovejas a las cuales se les ofreció una ración totalmente mezclada (RTM) (871,6 g MS/kg; 145,7 g PC/kg MS; 212,0 g FDA/kg MS, 344,8 g FDN/kg MS y 11,09 MJ EM/kg MS) que suministraba el 60% de sus requerimientos de energía metabolizable (EM), y b) no restringidas (NR), ovejas a las que se les ofreció la misma RTM pero que cubría el 100% de sus requerimientos de EM (Graz Feed™, 2010). Durante la aplicación de los tratamientos experimentales, las ovejas fueron alimentadas grupalmente en corrales, con un área de 30 m²/oveja. Desde el día 107 de gestación hasta 10 días antes de la fecha esperada de parto, las ovejas pastorearon avena (1800 kg MS/ha; 158,6 g PC/kg MS, 354,0 g FDA/kg MS y 531,5 g FDN/kg MS y 9,92 MJ EM/kg MS) *ad libitum* (> 12 kg MS/100 kg PV), siendo suplementadas los últimos 10 días de gestación con 0,2 kg MS de grano de cebada por oveja (895,7 g MS/kg; 117,5 g PC/kg MS; 91,3 g FDA/kg MS; 27,8 g FDN/kg MS y 13,05 MJ EM/kg MS). Durante la lactancia, todas las ovejas pastorearon conjuntamente en pasturas mejoradas, y los corderos fueron destetados a una edad promedio de 96 días. Las ovejas se pesaron cada 14 días desde el inicio de los tratamientos experimentales hasta el parto.

Determinaciones y manejo de los corderos

Al nacimiento los corderos fueron identificados con una caravana, registrándose el peso y sexo de éstos. Posteriormente, los corderos fueron pesados cada 14 días hasta su sacrificio. La producción de leche por oveja fue considerada como la ingesta total de alimento por parte del cordero (o los corderos en el caso de mellizos), la cual se estimó a través del ordeño de éstas cada 14 días. Durante la lactancia, se ordeñaron 44 ovejas (22 R y 22 NR) y se evaluaron 64 corderos (32 de ovejas R y 32 de ovejas NR; 40 hembras y 24 machos; 40 mellizos y 24 únicos).

Para determinar la producción de leche, las ovejas que estaban pastoreando se traían a las mangas temprano en la mañana y sus corderos eran retirados, pesados y mantenidos en un corral con acceso a heno de calidad y agua *ad libitum*. Las ovejas fueron ordeñadas manualmente luego de una inyección intramuscular de 1 UI de oxitocina, registrándose el tiempo de ordeño de cada oveja. Posteriormente, las ovejas regresaron a la pastura y aproximadamente 4 horas después fueron ordeñadas nuevamente con el mismo procedimiento. Luego de registrar individualmente el tiempo de ordeño, se pesó la leche de cada oveja y se tomaron muestras (aproximadamente 40 ml) que fueron conservadas en Lactopol® (2-Bromo-2-Nitropropano-1,3-diol) congeladas (-15°C), hasta la determinación del contenido total de sólidos utilizando un analizador de leche Lactoscan (Milkotronic, Nova Zagora, Bulgaria). La producción de leche se estimó a partir del peso de la leche obtenida en el segundo ordeño dividido por los minutos entre ambos ordeños y luego extrapolado a una producción de 24 horas (Doney *et al.*, 1979). Los corderos regresaron con sus madres al finalizar todo el proceso de ordeño.

Luego del destete, solo se utilizaron corderos machos (evaluados en la fase de lactancia y otros no evaluados durante la lactancia, pero sí sometidos a los mismos tratamientos experimentales) para la fase de engorde y evaluaciones de calidad de la canal y la carne. Cincuenta y cinco corderos machos (24 corderos de ovejas R y 31 de ovejas NR; 28 corderos únicos y 27 mellizos) fueron asignados a corrales individuales (5 m²/cordero) en donde fueron alimentados *ad libitum* con una RTM de terminación (893,4 g de MS/kg; 187,9 g PC/kg MS; 275,5 g FDA/kg MS; 396,3 g FDN/kg MS y 10,42 MJ EM/kg MS) hasta su sacrificio. Se realizó un período de 15 días de adaptación a la nueva dieta en donde los corderos fueron alimentados con heno de alfalfa (934,3 g MS/kg; 175,6 g PC/kg MS; 302,0 g FDA/kg MS; 426,7 g FDN/kg MS y 10,54 MJ EM/kg MS) y niveles crecientes de RTM. La oferta de RTM se manejó de manera de permitir un 10% de remanente y fue ofrecido en

tres comidas (08:00, 12:00 y 16:00 horas). El remanente de RTM se midió diariamente previo a ofrecer la comida de la mañana para estimar el consumo de alimento.

Determinaciones de calidad de la canal y carne

Los 55 corderos machos fueron faenados a una edad promedio de 190 días en un establecimiento frigorífico comercial. Se determinaron: el peso vivo al sacrificio (PVS), el peso de la canal caliente (PCC) y el rendimiento de la canal (RC). Luego de la faena, las canales se mantuvieron en cámara de frío (2-3°C) durante 24 horas y posteriormente, se midió la longitud de la canal (LC) y de la pierna (LP), la profundidad total de tejido sobre la 12va costilla a 11 cm de la línea media de la canal (punto GR). En el desosado, se registraron los pesos de las piernas deshuesadas (PSH) y de los frenched racks (FR). Se obtuvieron además muestras del músculo *Longissimus lumborum* (bife) de cada canal que fueron envasadas al vacío para ser debidamente trasladadas al Laboratorio de Tecnología de la Carne de INIA Tacuarembó. Luego de 5 días de almacenamiento de las muestras (maduración) entre 0-2°C, se determinó el color de la carne instrumentalmente (CIE, L*: luminosidad, a*: intensidad de rojo y b*: intensidad de amarillo) en cada muestra por triplicado con un colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Japón). Se determinó también la fuerza de corte con un equipo Warner-Bratzler (WBSF; modelo D2000-WB, G-R Electric Manufacturing Co, Manhattan, KS) de acuerdo con el protocolo de la American Meat Science Association (AMSA, 2016). Los bifes fueron cocinados en grilles (GRP100 The Next Grillation, Spectrum Brands, Inc., Miami, FL) hasta alcanzar una temperatura interna de 71°C. Luego de la cocción y enfriado de los bifes, se obtuvieron 6 cilindros (1,27 cm de diámetro) de cada muestra de carne de forma paralela a la orientación longitudinal de las fibras musculares. Los 6 valores individuales de la fuerza de corte de cada muestra se promediaron de manera de obtener un único valor por muestra.

Análisis estadístico

Las variables respuesta hasta el destete fueron analizadas como un diseño factorial 2 x 2 x 2, considerando como efectos fijos el tratamiento nutricional (R o NR) de las ovejas, sexo (macho o hembra) del cordero, y carga fetal (único o mellizos) mientras que el animal fue considerado como efecto aleatorio. El análisis estadístico se llevó adelante mediante el procedimiento PROC MIXED del paquete estadístico SAS (SAS Institute, Cary, NC, versión 9.4). El peso vivo de las ovejas y los corderos se analizó como medidas repetidas en el tiempo siendo las estructuras de covarianza no estructuradas (UN) y autorregresivas (AR [1]) las que mejor se ajustaron a los datos, respectivamente, basados en el criterio de información de Akaike (AIC). Luego del destete, solo continuaron en el experimento corderos machos que se engordaron hasta su faena, por lo tanto, los factores evaluados fueron el tratamiento nutricional de sus madres (R o NR) y la carga fetal (único o mellizos) como efectos fijos y el efecto aleatorio del animal. El PVS se utilizó como covariable para analizar el PCC, el cual a su vez se utilizó como covariable para

analizar las variables de la canal. La homogeneidad de la varianza y normalidad de los datos fue analizada a partir de los gráficos de los residuos estudentizados. Se utilizó la aproximación de Kenward-Roger para calcular los grados de libertad del denominador para diferentes estructuras de covarianza a efectos de ajustar el estadístico F. Luego del análisis de varianza (ANOVA), se calcularon las medias de mínimos cuadrados para las comparaciones entre tratamientos con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, utilizando la opción PDIFF del LSMEANS, cuando las pruebas F fueron significativas ($P < 0,05$).

RESULTADOS

Respecto al desempeño de las ovejas, no se observaron diferencias ($P > 0,05$) en el peso vivo al comienzo del período de restricción energética, pero las ovejas NR pesaron 7,5 kg más ($P < 0,05$) que las R al final de dicho período (Cuadro 1). Como era de esperar, las ovejas que gestaron mellizos presentaron un mayor peso vivo ($P < 0,05$) al comienzo y al final del período de restricción nutricional que aquellas que gestaron corderos únicos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Peso vivo de las ovejas al inicio y fin del período de restricción y al momento del destete, según tratamiento nutricional, carga fetal y su interacción.

	Tratamiento (Trt) ¹		Carga fetal (CF)		P valor		
	R (n = 60)	NR (n = 54)	Únicos (n = 75)	Mellizos (n = 39)	Trt	CF	Trt x CF
PV inicial ovejas (kg)	44,8±0,9	44,7±0,9	42,5 ^b ±0,8	47,0 ^a ±0,9	0,9921	0,0009	0,0354
PV final ovejas (kg)	49,3 ^b ±0,9	56,8 ^a ±0,9	49,9 ^b ±1,0	56,3 ^a ±1,1	0,0017	0,0002	0,0846
PV destete ovejas (kg)	48,7±0,9	49,7±0,9	48,2±0,8	50,3±1,0	0,4383	0,1093	0,0881

¹ Tratamiento: R: RTM suministrando 60% de los requerimientos de energía metabolizable (EM) desde el día 48 al 106 de gestación; NR: RTM suministrando 100% de los requerimientos de EM desde el día 48 al 106 de gestación.

^{a,b} Medias de Mínimos Cuadrados con diferentes letras en la misma fila difieren significativamente ($P < 0,05$).

El plano nutricional al cual fueron sometidas las ovejas durante la gestación media no afectó ($P>0,05$) el peso al nacer (PN) de los corderos; no obstante, los corderos machos y los únicos pesaron significativamente más ($P<0,05$) que las hembras y los mellizos, respectivamente (Cuadro 2). No se observaron diferencias significativas ($P>0,05$) en el peso al destete (PD) ni la ganancia media diaria (GMD) pre-destete de los corderos entre los tratamientos nutricionales de las ovejas o el sexo de los corderos. Sin embargo, el PD de los corderos únicos fue 22% mayor ($P<0,05$) que el de los mellizos con una GMD pre-destete superior ($P<0,05$) a la de éstos en casi 55 g/a/d (Cuadro 2). La restricción nutricional de las ovejas y la carga fetal no afectaron ($P>0,05$) el consumo promedio de leche y de sólidos totales por parte de los corderos. La eficiencia de conversión de la leche no difirió ($P>0,05$) entre corderos nacidos de ovejas R o NR, pero los corderos mellizos fueron más eficientes ($P<0,05$) que los nacidos únicos (Cuadro 2).

En la fase de engorde, los corderos machos nacidos de ovejas R y NR no difirieron ($P>0,05$) en el peso vivo final (PF) ni en la GMD. Sin embargo, los corderos únicos presentaron un PF mayor ($P<0,05$) que los mellizos (Cuadro 3). El plano nutricional de la oveja del día 48 al 106 de gestación no afectó ($P>0,05$) el consumo de alimento por parte

de los corderos durante la fase de engorde y tampoco se observaron diferencias ($P>0,05$) en el consumo entre corderos nacidos únicos y mellizos. La EC del alimento durante la fase de engorde no difirió ($P>0,05$) entre corderos nacidos de ovejas R y NR, pero los mellizos fueron más eficientes ($P<0,05$) al convertir el alimento en ganancia de peso que los nacidos únicos (Cuadro 3).

El plano de alimentación de las ovejas durante la gestación media no afectó ($P>0,05$) el PVS, pero los corderos únicos fueron 5 kg más pesados ($P<0,05$) que los mellizos. El PCC, RC, punto GR, LC y LP de los corderos no se vieron afectados ($P>0,05$) por el tratamiento de alimentación al cual fueron sometidas sus madres, no por la carga fetal. El peso del FR y su proporción respecto al PCC fueron mayores ($P<0,05$) en corderos nacidos de ovejas NR que aquellos nacidos de madres R (Cuadro 4). Las características de calidad de la carne no se vieron afectadas ($P>0,05$) mayormente por el plano nutricional de las ovejas en gestación media, excepto el parámetro L^* (luminosidad) del color de la carne cuyo valor fue mayor ($P<0,05$) en corderos nacidos de ovejas R. Adicionalmente, los corderos nacidos únicos presentaron un mayor valor ($P<0,05$) del parámetro b^* (intensidad de amarillo) del color de la carne que los mellizos (Cuadro 4).

Cuadro 2. Desempeño de los corderos desde su nacimiento hasta el destete, según tratamiento nutricional de las ovejas, carga fetal, sexo del cordero y sus interacciones.

	Tratamiento (Trt) ¹				Carga fetal (CF)				P valor					
	Sexo		Sexo		Únicos (n = 24)		Mellizos (n = 40)		Trt	Sexo	CG	Trt x Sexo	Trt x Sexo x CF	
	R (n = 32)	NR (n = 32)	Macho (n = 24)	Hembra (n = 40)	Macho (n = 24)	Hembra (n = 40)	Únicos (n = 24)	Mellizos (n = 40)						
Peso nacer (kg)	4,15±0,11	4,30±0,10	4,38 ^a ±0,12	4,07 ^b ±0,09	4,75 ^a ±0,12	4,07 ^b ±0,09	4,75 ^a ±0,12	3,70 ^b ±0,09	0,3247	0,0385	<0,0001	0,7472	0,8303	0,1598
Peso destete (kg)	23,09±0,35	23,54±0,33	23,76±0,39	22,87±0,30	25,30 ^a ±0,44	22,87±0,30	25,30 ^a ±0,44	21,33 ^b ±0,33	0,9997	0,8600	<0,0001	0,6381	0,0412	0,2546
GMD ² destete (g/d)	201,7±5,72	207,0±5,22	211,1±6,09	197,6±4,78	231,7 ^a ±6,01	197,6±4,78	231,7 ^a ±6,01	177,0 ^b ±4,89	0,4911	0,0865	<0,0001	0,0692	0,6855	0,4464
Prod. leche/d ³ (kg)	1,337±0,085	1,413±0,089	-	-	1,355±0,085	-	1,355±0,085	1,395±0,089	0,5425	-	0,7436	-	0,4084	-
Prod. ST/d ⁴ (kg)	0,238±0,014	0,253±0,015	-	-	0,243±0,014	-	0,243±0,014	0,248±0,015	0,4743	-	0,7912	-	0,8499	-
EC ⁵ leche (kg/kg)	4,906±0,306	4,959±0,322	-	-	5,860 ^a ±0,306	-	5,860 ^a ±0,306	4,005 ^b ±0,322	0,9055	-	0,0002	-	0,0777	-

¹ Tratamiento: R: RTM suministrando 60% de los requerimientos de energía metabolizable (EM) desde el día 48 al 106 de gestación; NR: RTM suministrando 100% de los requerimientos de EM desde el día 48 al 106 de gestación.

² Ganancia media diaria promedio de los corderos desde el nacimiento hasta el destete.

³ Producción diaria promedio de leche por oveja (estimador del consumo de leche por cordero o corderos en el caso de los mellizos).

⁴ Producción diaria promedio de sólidos totales de la leche por oveja (estimador del consumo de leche por cordero o corderos en el caso de los mellizos).

⁵ Eficiencia de conversión de la leche expresada como consumo de leche por kilogramo de ganancia de peso.

^{a,b} Medias de Mínimos Cuadrados con diferentes letras en la misma fila difieren significativamente (P<0,05).

Cuadro 3. Desempeño de los corderos machos durante la fase de engorde, según tratamiento nutricional de las ovejas, carga fetal y su interacción.

	Tratamiento (Trt) ¹		Carga fetal (CF)		Trt	P valor	
	R (n = 24)	NR (n = 31)	Únicos (n = 28)	Mellizos (n = 27)		CF	Trt x CF
PV inicial ² (kg)	30,2±0,7	30,2±0,6	33,2 ^a ±0,7	27,2 ^b ±0,7	0,9710	<0,0001	0,1535
PV final ³ (kg)	42,6±0,9	42,6±0,7	45,3 ^a ±0,8	40,0 ^b ±0,8	0,9924	<0,0001	0,3886
GMD ⁴ (g/d)	214±7,2	214±6,3	208±6,6	220±7,0	0,9348	0,2334	0,4844
Consumo ⁵ (kg/d)	1,463±0,030	1,428±0,026	1,485±0,027	1,407±0,029	0,3789	0,0544	0,8825
EC ⁶ (kg/kg)	6,99±0,21	6,81±0,19	7,26 ^a ±0,20	6,54 ^b ±0,21	0,5161	0,0144	0,3166

¹ Tratamiento: R: RTM suministrando 60% de los requerimientos de energía metabolizable (EM) desde el día 48 al 106 de gestación; NR: RTM suministrando 100% de los requerimientos de EM desde el día 48 al 106 de gestación.

² Peso vivo de los corderos machos al inicio de la fase de engorde.

³ Peso vivo de los corderos machos al finalizar la fase de engorde.

⁴ Ganancia media diaria de los corderos machos durante la fase de engorde.

⁵ Consumo promedio de la ración totalmente mezclada (RTM) por parte de los corderos machos durante la fase de engorde.

⁶ Eficiencia de conversión de la ración expresada como consumo de RTM por kilogramo de ganancia de peso.

^{a,b} Medias de Mínimos Cuadrados con diferentes letras en la misma fila difieren significativamente (P<0,05).

Cuadro 4. Características de la canal y la carne de los corderos machos, según tratamiento nutricional de las ovejas, carga fetal y su interacción.

	Tratamiento (Trt) ¹		Carga fetal (CF)		P valor		
	R (n = 24)	NR (n = 31)	Únicos (n = 28)	Mellizos (n = 27)	Trt	CF	Trt x CF
PVS ² (kg)	37,5±0,7	37,3±0,6	39,9 ^a ±0,7	34,9 ^b ±0,7	0,8254	<0,0001	0,2616
PCC ³ (kg)	19,3±0,1	19,5±0,1	19,5±0,1	19,3±0,2	0,5453	0,3311	0,1257
Rend. Canal ⁴ (%)	51,8±0,4	52,0±0,3	52,2±0,35	51,6±0,4	0,7210	0,3653	0,1125
Punto GR ⁵ (mm)	15,1±0,7	15,0±0,6	14,8±0,7	15,3±0,7	0,9223	0,6933	0,5060
LC ⁶ (cm)	64,5±0,5	64,1±0,4	64,7±0,6	63,8±0,5	0,4741	0,2247	0,8300
LP ⁷ (cm)	36,6±0,2	36,6±0,2	36,6±0,3	36,6±0,3	0,8346	0,9790	0,0548
Peso FR ⁸ (g)	439 ^b ±5,1	459 ^a ±4,5	447±5,3	451±5,5	0,0051	0,5624	0,4025
Peso PSH ⁹ (g)	1842±15,9	1842±13,8	1833±16,4	1852±17,0	0,9927	0,4675	0,7209
Rend. FR ¹⁰ (%)	2,26 ^b ±0,03	2,37 ^a ±0,02	2,31±0,03	2,33±0,03	0,0052	0,5660	0,3418
Rend. PSH ¹¹ (%)	9,53±0,08	9,53±0,07	9,47±0,08	9,59±0,08	0,9822	0,3636	0,7928
FC 5 d ¹² (kg)	3,09±0,22	3,29±0,19	2,92±0,22	3,47±0,24	0,4947	0,1296	0,0948
Color de la carne							
L* ¹³ - 5 d	41,8 ^a ±0,4	40,7 ^b ±0,3	41,1±0,3	41,4±0,3	0,0352	0,6056	0,0953
a* ¹⁴ - 5 d	20,2±0,3	19,8±0,3	20,5±0,3	19,5±0,3	0,3336	0,0556	0,3797
b* ¹⁵ - 5 d	5,7±0,2	5,9±0,3	6,4 ^a ±0,3	5,3 ^b ±0,3	0,5689	0,0176	0,8949

¹ Tratamiento: R: RTM suministrando 60% de los requerimientos de energía metabolizable (EM) desde el día 48 al 106 de gestación; NR: RTM suministrando 100% de los requerimientos de EM desde el día 48 al 106 de gestación.

² Peso vivo de los corderos machos previo al sacrificio.

³ Peso de la canal caliente, ajustado por el PVS.

⁴ Rendimiento de la canal: (PCC/PVS) x 100, ajustado por el PCC.

⁵ Espesor del tejido subcutáneo medido sobre la 12^a costilla a 11 cms. de la línea media de la canal (punto GR), ajustado por el PCC

⁶ Largo de la canal, ajustado por el PCC.

⁷ Largo de la pierna, ajustado por el PCC.

⁸ Peso del frenched rack, ajustado por el PCC.

⁹ Peso de la pierna sin hueso y con cuadril, ajustado por el PCC.

¹⁰ Rendimiento del frenched rack (FR): peso del FR/PCC, ajustado por el PCC.

¹¹ Rendimiento de la pierna sin hueso y con cuadril (PSH): peso de la PSH/PCC, ajustado por el PCC.

¹² Fuerza de corte con 5 días de maduración de la carne.

¹³ Parámetro L* (luminosidad) del color de la carne.

¹⁴ Parámetro a* (intensidad de rojo) del color de la carne.

¹⁵ Parámetro b* (intensidad de amarillo) del color de la carne.

^{a,b} Medias de Mínimos Cuadrados con diferentes letras en la misma fila difieren significativamente (P<0,05).

DISCUSIÓN

El presente trabajo evaluó el efecto de la restricción nutricional energética en ovejas durante el segundo tercio de gestación (día 48 al 106 de gestación), seguida de una fase de realimentación *ad libitum* durante la gestación tardía y la lactancia, en el desempeño animal, eficiencia de conversión del alimento, y calidad de la canal y carne de los corderos.

El plano nutricional de las ovejas durante el segundo tercio de gestación no afectó el PN de los corderos, lo cual coincide con lo observado por Ford *et al.* (2007), en donde ovejas alimentadas al 50% de sus requerimientos desde el día 28 al 78 de gestación, produjeron corderos sin diferencias significativas en el peso al nacer en comparación con el grupo control. No obstante, es importante considerar que el período de restricción no fue exactamente el mismo al del presente estudio. Del mismo modo, Piaggio *et al.* (2018) tampoco observaron diferencias en el PN de corderos nacidos de ovejas con restricción energética del 40% de sus requerimientos de EM desde el día 45 al 115 de gestación. En un estudio de metaanálisis, Roca Fraga *et al.* (2018) reportaron que la restricción en la alimentación materna durante la gestación temprana y media no tuvo un efecto significativo sobre el PN del cordero, pero una restricción nutricional en la gestación tardía estuvo asociada con una disminución de hasta el 22% en el PN del cordero. Taplin y Everitt (1964) observaron que el retraso en el desarrollo placentario y el crecimiento fetal antes del día 90 de gestación, debido a una restricción nutricional materna, puede ser parcialmente compensado por un alto plano alimenticio desde el día 90 de gestación hasta el parto. Estos autores indicaron que esta capacidad compensatoria podría verse afectada, si las condiciones de subalimentación van más allá del día 90 de gestación. En el presente trabajo, las condiciones de realimentación tuvieron lugar luego del día 106 de gestación, pero pareciera que hubo aún un efecto compensatorio en el crecimiento del feto, habida cuenta que no se registra-

ron diferencias en el PN de los corderos. Por otra parte, Everitt (1967) no halló diferencias en el PN entre corderos machos y hembras, pero los corderos machos fueron más pesados al destete que las hembras. Contrariamente a los resultados de Everitt (1967), en nuestro experimento los corderos machos presentaron un PN mayor que las hembras, lo cual coincide con los resultados reportados por Daniel *et al.* (2007); sin embargo, no se registraron diferencias en el PD entre ambos sexos. Villette y Theriez (1981) observaron una correlación positiva entre el PN y la GMD durante la lactancia, lo que resultó en diferentes PD. En nuestro trabajo, no se encontraron diferencias en el PN y la GMD durante la lactancia en los corderos nacidos de ovejas R y NR. Por su parte, Kenyon *et al.* (2004) señalaron que el crecimiento del cordero hasta el destete está influenciado por el PN del cordero y la producción de leche de su madre.

En el presente experimento, la producción de leche y de sólidos totales por oveja durante la lactancia, no se vio afectada por los tratamientos nutricionales durante gestación media, probablemente porque las ovejas tuvieron suficiente tiempo para recuperarse luego de la restricción cuando se estaba produciendo la lactogénesis (Hartmann *et al.*, 1973). Por otra parte, no observamos diferencias en la eficiencia de conversión de leche entre corderos nacidos de ovejas R y NR, lo que sugiere que no hubo crecimiento compensatorio en ese momento. Greenwood *et al.* (1998) sostienen que los corderos son más eficientes al convertir el alimento en ganancia de peso si el acceso al alimento no es limitante. En el presente estudio, los corderos de ambos tratamientos alcanzaron durante la lactancia una EC de aproximadamente 5 a 1, por lo que podemos inferir que la ingesta de leche no limitó el desempeño de los corderos (Theriez, 1986). Al final de la lactancia, similares PV, GMD y EC no generaron diferencias en el PD entre corderos nacidos de ovejas R o NR. En cuanto a la carga fetal, las ovejas con corderos únicos o mellizos no difirieron en la producción de leche y de sólidos totales, lo cual concuerda

con los resultados de investigaciones previas realizadas por Burris y Baugus (1955). Sin embargo, es interesante destacar que, en nuestro experimento, los corderos mellizos fueron más eficientes al convertir la leche en GMD, y esto podría explicarse por un menor PV de los corderos únicos implicando menores requerimientos energéticos para mantenimiento (Greenwood *et al.*, 1998).

Luego del destete, la GMD de los corderos nacidos de ovejas R y NR fueron similares y lograron el mismo PVS. Los efectos de la restricción nutricional materna durante la gestación en la GMD post-destete han sido inconsistentes. Daniel *et al.* (2007) y Piaggio *et al.*, (2018) obtuvieron un mayor PVS en corderos nacidos de ovejas no restringidas en comparación con aquellas que si lo fueron. Por el contrario, Ford *et al.*, (2007) observaron un mayor PVS en corderos de ovejas que fueron alimentadas al 50% de sus requerimientos nutricionales entre los días 28 y 78 de gestación, en comparación con el grupo control. Los resultados del presente estudio no mostraron diferencias significativas en el consumo de alimento post-destete ni en la EC, lo cual es consistente con lo reportado por Daniel *et al.*, (2007) y Piaggio *et al.* (2018).

Se ha indicado que los efectos prenatales sobre el desarrollo de las fibras musculares se dan a través de la regulación de la proliferación y/o diferenciación de las células musculares y, por lo tanto, los factores que aumentan la proliferación de mioblastos y/o inhiben o retrasan la diferenciación darían como resultado una mayor formación de fibras musculares (Brameld *et al.*, 2010). Las características de las fibras musculares en los corderos no se estudiaron en el presente trabajo, pero los efectos de la subnutrición de las ovejas durante la gestación en las características de la canal y calidad de la carne de los corderos fueron mínimos. En este sentido, planteamos la hipótesis de que cualquier posible efecto negativo debido a la restricción nutricional materna en el desarrollo de las fibras musculares pudo haber sido compensado. El FR (su peso y

proporción como porcentaje del PCC) fue el único corte valioso afectado por los tratamientos nutricionales de las ovejas durante la gestación, concordando con lo observado en previamente por Piaggio *et al.* (2018). Esto podría estar explicado probablemente por un mayor número (hiperplasia) de fibras musculares secundarias que podrían originarse en el músculo *Longissimus* de los corderos nacidos de las ovejas NR (Fahey *et al.*, 2005). El posterior proceso de hipertrofia a partir de un mayor número de fibras musculares podría conducir a un mayor peso del FR. Investigaciones previas han demostrado que las ovejas con restricciones nutricionales durante la gestación temprana y media, pueden generar efectos a corto plazo en el desarrollo muscular del feto; pero luego del nacimiento y con una adecuada nutrición los corderos tienen la capacidad de compensar esto, habiendo efectos negativos mínimos o ninguno en las características de la canal (Daniel *et al.*, 2007; Krausgrill *et al.*, 1999; Norby *et al.*, 1987).

En este trabajo, no se detectaron diferencias en el grado de cobertura de grasa de las canales (estimada como la profundidad del tejido subcutáneo en el punto GR), debido probablemente a que la restricción nutricional fue aplicada sobre ovejas múltiparas. Kenyon y Blair (2014) informaron que los corderos nacidos de ovejas primíparas pueden ser propensos a mostrar un mayor nivel de adiposidad que los nacidos de ovejas adultas. Sin embargo, aún no se ha determinado si este aumento en la adiposidad es lo suficientemente importante como para afectar el valor de la canal o la EC.

La evaluación sensorial de la calidad por parte del consumidor es el principal determinante de la calidad de la carne, siendo la terneza, jugosidad y sabor, las características más importantes (Maltin *et al.*, 2003). La terneza es la característica de palatabilidad más importante de la carne que afecta su aceptabilidad por parte del consumidor (Dikeman, 1987; Miller *et al.*, 1995). La terneza de la carne es afectada principalmente por la cantidad y la solubilidad del tejido

conectivo, la composición y estado de contracción de las fibras musculares, y el nivel de proteólisis *post mortem* (Joo *et al.*, 2013). En el presente experimento, no se observó un efecto del plano nutricional materno en la gestación media sobre la fuerza de corte (estimador de la terneza) de la carne de cordero, lo que concuerda con lo reportado por Tygesen *et al.* (2007) y Piaggio *et al.* (2018) El color de la carne es una característica particularmente relevante que influye en la decisión de compra de los consumidores (Faustman y Cassens, 1990). El color de la carne de corderos nacidos de ovejas R fue más luminoso (mayor valor del parámetro L*) que la carne de corderos cuyas madres fueron NR. No obstante, es importante tener en cuenta que los consumidores difícilmente puedan detectar visualmente una unidad de diferencia en el parámetro L* (Ripoll *et al.*, 2012). Además, los valores del parámetro L* en ambos tratamientos nutricionales excedieron el umbral de 34, valor a partir del cual los consumidores, en promedio, considerarían aceptable el color de la carne (Khliji *et al.*, 2010). Por otro lado, no se han observado diferencias significativas en el color de la carne de cordero como consecuencia de una nutrición materna diferencial durante el día 30 y 80 de gestación (Sen *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo muestran que, si bien las ovejas estuvieron restringidas al 60% de sus requerimientos de EM durante 58 días de gestación (del día 48 al 106), habrían compensado posteriormente cualquier efecto negativo sobre el desempeño del cordero. Dicha compensación sería posible siempre y cuando existan condiciones adecuadas de realimentación en la gestación tardía y durante toda la lactancia. La única característica de la canal de los corderos afectada por la restricción nutricional de las madres fue el peso del FR, y en términos de calidad de la carne, el parámetro L* (luminosidad) del color de la carne.

BIBLIOGRAFÍA

American Meat Science Association (AMSA). 2016. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat, version 1.02, 2nd edition. AMSA, Champaign, IL, USA.

Bermúdez, R.; Ayala, W. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del Este, in: Gómez Miller, R., Albicette, M.M. (Eds.), Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural. Serie Técnica N° 151. National Institute for Agricultural Research, Montevideo, Uruguay, pp. 33-39.

Brameld, J.M.; Greenwood, P.L.; Bell, A.W. 2010. Biological mechanisms of fetal development relating to postnatal growth, efficiency and carcass characteristics in *Ruminants*, in: Greenwood, P.L., Bell, A.W., Vercoe, P.E., Viljoen, G.J. (Eds.), *Managing the Prenatal Environment to Enhance Livestock Productivity*. Springer, Dordrecht, Netherlands, pp. 93-119.

Burris, M.J.; Baugus, C.A. 1955. Milk consumption and growth of suckling lambs. *Journal of Animal Science*, 14(1): 186-191. <https://doi.org/10.2527/jas1955.141186x>

Daniel, Z.C.T.R.; Brameld, J.M.; Craigon, J.; Scollan, N.D.; Buttery, P.J. 2007. Effect of maternal dietary restriction on lamb carcass characteristics and muscle fiber composition. *Journal of Animal Science*, 85(6): 1565-1576. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-743>

Dikeman, M.E. 1987. Fat reduction in animals and the effects on palatability and consumer acceptance of meat products, in: Proceedings of the 40th Annual Reciprocal Meat Conference, 28 June - 1 July 1987, Chicago, IL, pp. 93-103.

- Doney, J.M.; Peart, J.N.; Smith, W.F.; Loda, F.** 1979. A consideration of the technique for estimation of milk yield by suckled sheep and a comparison of estimates obtained by two methods in relation to the effect of breed, level of production and stage of lactation. *The Journal of Agricultural Science*, 92:123-132.
<https://doi.org/10.1017/S0021859600060573>
- Du, M.; Ford, S.P.; Zhu, M.J.** 2017. Optimizing livestock production efficiency through maternal nutritional management and fetal developmental programming. *Animal Frontiers*, 7: 5-11.
<https://doi.org/10.2527/af.2017-0122>
- Everitt, G.C.** 1967. Residual effects of prenatal nutrition on the postnatal performance of Merino sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 27, 52-68.
- Faustman, C.; Cassens, R.G.** 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *Journal of Muscle Foods*, 1: 217-243.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.1990.tb00366.x>
- Fahey, A.J.; Brameld, J.M.; Parr, T.; Buttery, P.J.** 2005. The effect of maternal undernutrition before muscle differentiation on the muscle fiber development of the newborn lamb. *Journal of Animal Science*, 83: 2564-2571.
<https://doi.org/10.2527/2005.83112564x>
- Ford, S.P.; Hess, B.W.; Schwoppe, M.M.; Nijland, M.J.; Gilbert, J.S.; Vonnahme, K.A.; Means, W.J.; Han, H.; Nathanielz, P.W.** 2007. Maternal undernutrition during early to mid-gestation in the ewe results in altered growth, adiposity, and glucose tolerance in male offspring. *Journal of Animal Science*, 85: 1285-1294.
<https://doi.org/10.2527/jas.2005-624>
- Fowden, A.L.; Ward, J.W.; Wooding, F.P.R.; Forhead, A.J.; Constancia, M.** 2006. Programming placental nutrient transport capacity. *The Journal of physiology*, 572(1): 5-15.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2005.104141>
- Greenwood, P.L.; Hunt, A.S.; Hermanson, J.W.; Bell, A.W.** 1998. Effects of birth weight and postnatal nutrition on neonatal sheep: I. Body growth and composition, and some aspects of energetic efficiency. *Journal of Animal Science*, 76: 2354-2367.
<https://doi.org/10.2527/1998.7692354x>
- Hartmann, P.E.; Trevethan, P.; Shelton, J.N.** 1973. Progesterone and oestrogen and the initiation of lactation in ewes. *Journal of Endocrinology*, 59: 249-259.
<https://doi.org/10.1677/joe.0.0590249>
- Joo, S.T.; Kim, G.D.; Hwang, Y.H.; Ryu, Y.C.** 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science*, 95: 828-836.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.044>
- Kenyon, P.R.; Morel, P.C.; Morris, S.T.** 2004. Effect of ewe live weight and condition score at mating, and mid-pregnancy shearing, on birth weights and growth rates of twin lambs to weaning. *New Zealand Veterinary Journal*, 52: 145-149.
<https://doi.org/10.1080/00480169.2004.36419>
- Kenyon, P.R.; Blair, H.T.** 2014. Foetal programming in sheep – Effects on production. *Small Ruminant Research*, 118: 16-30.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.021>
- Khlijji, S.; van de Ven, R.; Lamb, T.A.; Lanza, M.; Hopkins, D.L.** 2010. Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour. *Meat Science*, 85: 224-229.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.01.002>
- Krausgrill, D.I.; Tulloh, N.M.; Shortose, W.R.; Sharpe, K.** 1999. Effects of weight loss in ewes in early pregnancy on muscles and meat quality of lambs. *The Journal of Agricultural Science*, 132: 103-116.
<https://doi.org/10.1017/S0021859698006133>
- Maltin, C.; Balcerzak, D.; Tilley, R.; Delday, M.** 2003. Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62: 337-347. <https://doi.org/10.1079/PNS2003248>

Miller, M.F.; Huffman, K.L.; Gilbert, S.Y.; Hamman, L.L.; Ramsey, C.B. 1995. Retail consumer acceptance of beef tenderized with calcium chloride. *Journal of Animal Science*, 73(8): 2308-2314.
<https://doi.org/10.2527/1995.7382308x>

Nordby, D.J.; Field, R.A.; Riley, M.L.; Kercher, C.J. 1987. Effects of maternal undernutrition during early-pregnancy on growth, muscle cellularity, fiber type and carcass composition in lambs. *Journal of Animal Science*, 64(5): 1419-1427.
<https://doi.org/10.2527/jas1987.6451419x>

Piaggio, L.; Quintans, G.; San Julián, R.; Ferreira, G.; Ithurralde, J.; Fierro, S.; Pereira, A.S.C.; Baldi, F.; Banchemo, G.E. 2018. Growth, meat and efficiency traits of lambs born to ewes submitted to energy restriction during mid-gestation. *Animal*, 12, 256-264.
<https://doi.org/10.1017/S1751731117001550>

Ripoll, G.; Panea, B.; Alberti, P. 2012. Visual appraisal of beef and its relationship with the CIELab colour space. *Información Técnica Económica Agraria*, 108, 222-232.

Roca Fraga, F.J.; Lagisz, M.; Nakagawa, S.; Lopez-Villalobos, N.; Blair, H.T.; Kenyon, P.R. 2018. Meta-analysis of Lamb birth weight as influenced by pregnancy nutrition of multiparous ewes. *Journal of Animal Science*, 96(5): 1962-1977.
<https://doi.org/10.1093/jas/sky072>

Sen, U.; Sirin, E.; Ensoy, U.; Aksoy, Y.; Ulu-tas, Z.; Kuran, M. 2016. The effect of maternal nutrition level during mid-gestation on postnatal muscle fibre composition and meat quality lambs. *Animal Production Science*, 56(5): 834-843.
<https://doi.org/10.1071/AN14663>

Taplin, D.E.; Everitt, G.C. 1964. The influence of prenatal nutrition on postnatal performance of Merino lambs. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, 5: 72-81.

Theriez, M. 1986. The young lamb, in: Church, D.C. (Ed.), *Livestock feeds and feeding*. 2nd edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 339-353.

Tygesen, M.P.; Harrison, A.P.; Therkildsen, M. 2007. The effect of maternal nutrient restriction during late gestation on muscle, bone and meat parameters in five month old lambs. *Livestock Science*, 111: 230-241.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.11.003>

Villette, Y.; Theriez, M. 1981. Influence of birth weight on lamb performances. I. Level of feed intake and growth. *Annales de Zootechnie*, 30: 151-168.

Wu, G.; Bazer, F.W.; Wallace, J.M.; Spencer, T.E. 2006. Board-invited review: Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences. *Journal of Animal Science*, 84(9): 2316-2337.
<https://doi.org/10.2527/jas.2006-156>