

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LANA, CANAL Y CARNE
DE CORDEROS EN PASTURAS NATIVAS CON SUPLEMENTACIÓN
ESTIVAL**

por

Zully RAMOS ALVEZ

**TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Magister en Ciencias Agrarias opción
Ciencias Animales**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
Octubre 2018**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis aprobada por el tribunal integrado por la DMV (PhD) Cecilia Cajarville, Ing. Agr. (PhD) Virginia Beretta e Ing. Agr. (PhD) Santiago Luzardo, el 8 de octubre de 2018. Autora: DMV Zully Ramos. Director: Ing. Agr. (PhD) Ignacio De Barbieri, Co-directores: Ing. Agr. (PhD) Fabio Montossi y DMV (PhD) Elize van Lier.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por brindarme su apoyo, comprensión y cuidado, haciendo más fácil y disfrutable cada paso dado. Gracias por estar siempre.

A mi tutor Ing. Agr. (PhD) Ignacio De Barbieri y a mis co-tutores Ing. Agr. (PhD) Fabio Montossi y DMV (PhD) Elize van Lier por contribuir a mi formación académica y mi desarrollo profesional y personal, transmitiendo mediante sus propias acciones, importantes valores que reafirman mi interés y convicción en trabajar en la generación de conocimiento.

A los integrantes del tribunal de los Seminarios I y II, Ings. Agrs. (MSc) Ricardo Palma y (PhD) Santiago Luzardo y la DMV (PhD) Cecilia Cajarville por sus aportes al presente trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria por darme la oportunidad de ser parte del equipo de investigadores del Programa Nacional de Carne y Lana, lo cual me permitió realizar estos experimentos.

A todo el equipo de la Unidad Experimental Glencoe de INIA Tacuarembó, por su gran apoyo, compromiso y compañerismo.

A la Agencia Nacional de Investigación e Innovación por otorgarme una beca de Maestría (POS_NAC_2016_1_130460), brindándome así la posibilidad de destinar el tiempo requerido para lograr un adecuado nivel de formación.

A la Comisión Directiva del Consorcio Regional de Innovación de Lana Ultrafina (CRILU), por aceptar y apostar a esta capacitación, brindándome la flexibilidad horaria necesaria para compatibilizar el trabajo y el estudio.

A mis compañeros de Maestría, especialmente las Ings. Agrs. Fiorella Cazzuli y Daniela Correa por el trabajo conjunto y los grandes momentos vividos durante este período.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN.....	VI
SUMMARY	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 INFLUENCIA DE LA ALIMENTACIÓN EN LA RECRÍA DE CORDEROS .	2
1.1.1 <u>Pasturas nativas en la región de basalto</u>	3
1.1.2 <u>Requerimientos nutricionales</u>	4
1.1.3 <u>Suplementación energético-proteica</u>	6
1.2 IMPLICANCIAS DE LA RECRÍA SOBRE EL PROCESO DE ENGORDE DE CORDEROS	12
1.3 ASOCIACIÓN ENTRE ALIMENTACIÓN Y CALIDAD DE LA CANAL Y LA CARNE	14
1.3.1 <u>Efecto de la alimentación sobre la canal</u>	14
1.3.2 <u>Efecto de la alimentación sobre las características de la carne</u>	16
1.4 CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	20
1.5 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	20
2. <u>BODY GROWTH AND WOOL CHARACTERISTICS OF LAMBS GRAZED ON NATIVE PASTURES ARE IMPROVED WHEN SUPPLEMENTING WITH ENERGY AND PROTEIN</u>	22
2.1 ABSTRACT.....	22
2.2 INTRODUCTION	23
2.3 MATERIALS AND METHODS.....	24
2.3.1 <u>Location, period, animals and treatments</u>	24
2.3.2 <u>Animal measurements</u>	25
2.3.3 <u>Pasture measurements</u>	27
2.3.4 <u>Forage and supplement intake estimation</u>	29
2.3.5 <u>Statistical analysis</u>	31
2.4 RESULTS	31
2.5 DISCUSSION	34

2.6 CONCLUSIONS.....	38
2.7 ACKNOWLEDGEMENTS	39
2.8 REFERENCES	39
3. <u>CARCASS AND MEAT QUALITY ATTRIBUTES OF GRAZING LAMBS ARE AFFECTED BY SUPPLEMENTATION DURING EARLY REARING POST-WEANING</u>	44
3.1 ABSTRACT.....	44
3.2 INTRODUCTION	45
3.3 MATERIALS AND METHODS.....	46
3.3.1 <u>Location, period, animals and treatments</u>	46
3.3.2 <u>Carcass quality measurements</u>	48
3.3.3 <u>Meat quality measurements</u>	48
3.3.4 <u>Statistical analysis</u>	49
3.4 RESULTS	49
3.5 DISCUSSION	52
3.6 CONCLUSION.....	56
3.7 ACKNOWLEDGEMENTS.....	57
3.8 REFERENCES	57
4. <u>DISCUSIÓN GENERAL</u>	62
5. <u>CONCLUSIONES GLOBALES</u>	70
6. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	71
7. <u>ANEXOS</u>	88
7.1 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	88
7.2 BODY AND WOOL GROWTH OF LAMBS ON NATIVE PASTURES ARE IMPROVED USING ENERGETIC SUPPLEMENTATION WITH DIFFERENT PROTEIN LEVELS	90
7.3 EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE CORDEROS DURANTE LA RECRÍA SOBRE LA CALIDAD DE CANAL Y CARNE	93

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comparar el impacto del uso de suplementos iso-energéticos (2,9 Mcal/kg MS -materia seca-) con diferentes niveles de proteína cruda (PC; 12, 16 y 20%), durante la etapa de recría estival post destete temprana, sobre el crecimiento, la producción y calidad de lana, canal y carne de corderos. Este estudio fue realizado durante 3 años y tuvo dos fases. Durante la primera fase (Enero-Abril), ochenta corderos cruza (Merino Dohne × Corriedale, con un peso vivo promedio -PV- inicial de $24,5 \pm 4,4$ kg) fueron asignados aleatoriamente cada año a los siguientes tratamientos: CON: pasturas nativas (PN) sin suplemento (S); 12PC: PN + S de 12%PC; 16PC: PN + S de 16% PC; 20PC: PN + S de 20% PC. Luego, en la segunda fase (Abril-Julio), todos los animales se manejaron en un solo lote, pastoreando cultivos anuales invernales sin suplementación hasta llegar a un PV promedio de faena de 43 kg. El uso de suplementos iso-energéticos en la primera fase aumentó la producción y calidad de lana, el peso vivo final y la condición corporal, logrando los mayores niveles de producción cuando se utilizaron los suplementos con 16 y 20% PC ($P < 0,05$). Dentro de los animales suplementados, no se presentaron diferencias ($P > 0,05$) en la tasa de ganancia de peso mientras que la mayor producción de lana se registró en los corderos 20PC ($P < 0,05$). Con respecto a las características de la canal y calidad de carne, el peso de los cortes valiosos y la fuerza de corte de la carne fueron similares entre los tratamientos ($P > 0,05$), mientras que las diferencias en las proporciones de ácidos grasos en relación a la salud humana tendieron a ser más favorables en los animales alimentados exclusivamente sobre pasturas. Los niveles de engrasamiento de las canales y la carne tendieron a ser mayores en animales suplementados. El uso de suplementos con diferentes niveles de PC por aproximadamente tres meses durante la recría post destete de corderos sobre pasturas nativas, permitió reducir la edad de faena e incrementar la productividad sin mayores efectos detrimentales en los diferentes parámetros de calidad de carne estudiados.

Palabras claves: corderos, pastoreo, calidad de carne

Body growth, wool characteristics, carcass and meat quality of lambs grazing native pastures with summer supplementation

SUMMARY

The aim of this study was to compare the impact of using iso-energetic (2.9 Mcal/kg DM -dry matter-) supplements with different protein levels (12, 16 and 20% CP - crude protein-) during the early post-weaning phase of lambs on body growth, wool characteristics, carcass and meat quality traits. This study was carried out for three years and had two phases. During the first phase (January-April), eighty crossbreed lambs (Merino Dohne × Corriedale, with an initial average body weight - BW- of 24.5 ± 4.4 kg with 4 months of age) were randomly allotted each year to the following treatments: CON: native pastures (NP) without supplement (S); 12CP: NP + S with 12% CP; 16CP: NP + S with 16% CP; 20CP: NP + S with 20% CP. Thereafter, in the second phase (April-July), all animals were kept together grazing on an annual forage winter crop (ryegrass or oat) without supplementation until an average slaughter weight of 43 kg was reached. The use of iso-energetic supplements enhanced both wool production and quality, final body weight and body condition score achieving the highest production levels when 16% CP and 20% CP were used ($P < 0.05$). Among the supplemented animals, no differences ($P > 0.05$) were found in body-weight gain, while the greatest wool production was recorded in 20CP animals ($P < 0.05$). Regarding carcass and meat quality traits, the high-value cut weight and the meat shear force were similar among treatments ($P > 0.05$), whereas differences in fatty acid in terms of human health tended to favour those animals from CON treatment. Carcass and meat fatness levels tended to be greater in supplemented animals. The use of supplements with different CP levels for approximately three months during the post-weaning rearing period of lambs grazing native pastures, allowed a reduction of the slaughter age and an increase in productivity without major detrimental effects in meat quality attributes.

Keywords: lambs, grazing, meat quality

1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay, la producción ovina está constituida por aproximadamente 6,6 millones de animales (DIEA, 2017) y se desarrolla principalmente sobre pasturas nativas (Piaggio *et al.*, 2014a). En las últimas dos décadas, se han generado cambios en el uso del suelo principalmente asociados a incrementos del área destinada a la agricultura y forestación, así como también procesos de intensificación en la ganadería bovina (Montossi *et al.*, 2014). Actualmente, más del 50% del stock ovino nacional se encuentra en los departamentos del norte del país (Artigas, Salto, Paysandú y Tacuarembó), sobre la región basáltica y principalmente sobre los suelos de menor aptitud pastoril (DIEA, 2017). Frente a la necesidad de incrementar su competitividad, el rubro ovino tiene el desafío de realizarlo fundamentalmente usando pasturas nativas sobre suelos marginales.

La cantidad y la calidad de la dieta consumida por los ovinos determina el éxito de su producción de carne y lana (Friend y Robards, 2006; Lekatz *et al.*, 2010). En corderos post destete, en la medida que el animal incrementa su peso vivo debe consumir una mayor cantidad de forraje para lograr una adecuada tasa de crecimiento. Esta ganancia de peso estará condicionada también por la calidad del forraje ofrecido (Nicol, 1987). En animales en pastoreo, dietas de mayor digestibilidad y menor contenido de restos secos estuvieron asociadas con mejores ganancias de peso, lo cual se explicaría por una mayor posibilidad de acceso al material verde (Hawkins *et al.*, 1993). Con respecto a la lana, tanto la longitud como el diámetro de la fibra están altamente correlacionadas con la dieta (Nagorcka, 1977), siendo su crecimiento directamente proporcional al consumo de alimentos digestibles. Incrementos en el contenido proteico de la dieta favorecen la producción de lana. Sin embargo, alimentos con alto contenido energético únicamente incrementan la producción de lana si el nivel de proteína es el adecuado (Reis *et al.*, 1992). La optimización de la producción de peso vivo y lana requiere de una adecuada cantidad de alimentos correctamente balanceados en su contenido energético y proteico (Kempton *et al.*, 1979; Nicol, 1987).

En la producción ovina de Uruguay, la época de servicio recomendada para lograr mejores resultados reproductivos es el otoño (Cardellino y Azzarini, 1979),

determinando que la parición sea en primavera y el destete a inicios de verano cuando los animales tienen aproximadamente 3 meses de edad (San Julián *et al.*, 1998). En ese momento del año, el valor nutritivo de las pasturas nativas (energía y proteína) limita el potencial de crecimiento de los corderos, los cuales experimentan tasas de ganancia de peso inferiores a las requeridas para alcanzar un adecuado desarrollo (Piaggio, 2014). Esta situación conduce a un período de engorde más prolongado y puede afectar la tasa de mortalidad de los corderos post destete (Campbell *et al.*, 2009; Gabb *et al.*, 2012). Con el objetivo de mejorar la eficiencia de la recría estival de corderos, este trabajo evaluó diferentes alternativas nutricionales con niveles crecientes de PC y sus efectos sobre la producción y calidad de carne y lana.

En las siguientes secciones se presentará información sobre la influencia de la nutrición durante la recría estival y cómo ésta incide en la etapa de terminación de los corderos. Posteriormente, se mencionará la influencia del sistema de alimentación y la dieta sobre la calidad de la canal y la carne.

1.1 INFLUENCIA DE LA ALIMENTACIÓN EN LA RECRÍA DE CORDEROS

El consumo de forraje de animales en pastoreo depende de factores relacionados a la pastura, el animal, el manejo y el ambiente (Cangiano, 1996). Con respecto a la pastura, cuando la misma no presenta limitantes en términos de cantidad y estructura (por ejemplo, altura del forraje), la digestibilidad de la materia seca/orgánica y su contenido de proteína son dos factores que se relacionan con el consumo voluntario (Nicol, 1987; White y Hodgson, 1999). La digestibilidad es un indicador del valor nutritivo del alimento, forrajes más digestibles resultan favorables para la producción de los animales en pastoreo porque incrementan la concentración de nutrientes disponibles en la dieta, a la vez que permiten aumentar la cantidad de alimento consumido (White y Hodgson, 1999). En tanto, la concentración de proteína cruda en la dieta o su degradabilidad a nivel ruminal pueden afectar la proteína disponible en el rumen (White y Hodgson, 1999) y por ende la síntesis de proteína microbiana y el

funcionamiento ruminal. Cuando la proteína degradable se encuentra en baja cantidad, el proceso de fermentación se inhibe afectando negativamente el consumo de forraje.

1.1.1 Pasturas nativas en la región de basalto

En la región de basalto, el promedio anual de producción de forraje varía entre 2885 y 4580 kgMS/ha en función del tipo de suelo (superficial rojo o negro y profundo) y el régimen de precipitaciones (Berretta, 1997). Durante el período estival, se produce aproximadamente el 30% del forraje anual, registrándose una gran variabilidad entre años con coeficientes de variación próximos al 50% (Berretta y Bemhaja, 1997; Pallarés *et al.*, 2005). Los valores de digestibilidad de la materia seca de las pasturas de basalto ofrecida a los animales varían entre 48 y 55%, con máximos en primavera y verano seguidos por el otoño e invierno (Montossi *et al.*, 2000). El contenido proteico varía entre 6 y 15% dependiendo de la estación, composición botánica y la proporción de restos secos (Berretta *et al.*, 2000). En las especies estivales la proteína se incrementa a partir del otoño (6-11%), alcanzando los valores máximos en la primavera (9-14%), para luego decaer a comienzos de verano (6-8%). En tanto, las especies invernales presentan en promedio mayores niveles de proteína que las estivales, poseen valores medios en otoño (6-15%), alcanzando valores máximos en invierno (11-16%), para luego descender en primavera (10-12%) y llegar a los valores mínimos en verano (4-7%) (Berretta *et al.*, 1990). Durante el período estival, el valor nutritivo de las especies invernales maduras y el estado fisiológico (reproducción) de las especies estivales determina una menor calidad de las pasturas en relación con otras épocas del año (Pigurina *et al.*, 1998), con contenidos de proteína entre 6 y 9%, digestibilidades cercanas a 48% y energía metabolizable en el entorno de 1,7 Mcal/kgMS (Montossi *et al.*, 2000).

Los valores de digestibilidad promedio de las pasturas nativas de basalto se encuentran muy por debajo de 70%, límite a partir del cual el consumo voluntario de forraje puede verse afectado (NRC, 2006). Por su parte, el promedio de proteína cruda de estas pasturas durante el período estival (6-9%) se encuentra cercano al límite por debajo del cual se reduce el consumo de materia seca (Milford y Minson, 1965).

Además, esta proteína presenta una baja degradabilidad ruminal (entre 34 y 29% para tasas de pasajes de 6 y 8%/h, respectivamente) (Barbosa y Machado, 2013). En condiciones de pastoreo, los ovinos tienen la habilidad de seleccionar forrajes de una calidad superior que el promedio de lo ofrecido (Arnold, 1964). En pasturas nativas de basalto y durante el período estival, la selectividad de los ovinos permite aumentar los niveles de proteína, energía y digestibilidad en la dieta consumida, siendo este incremento del orden de 23, 29 y 23%, respectivamente (Montossi *et al.*, 2000). Aun así, el valor nutritivo de las pasturas nativas y el comportamiento ingestivo de los animales no permiten lograr un adecuado desarrollo de los corderos post destete (Piaggio, 2014).

1.1.2 Requerimientos nutricionales

Los requerimientos energéticos de los animales en pastoreo dependen de su peso vivo, estado fisiológico, la tasa de ganancia de peso esperada, la composición de la ganancia, la actividad de búsqueda y cosecha del alimento y los posibles efectos de las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad, lluvia). Por su parte, los requerimientos de proteína están determinados por la cantidad necesaria para el correcto funcionamiento del organismo, incluyendo las pérdidas de nitrógeno en heces y orina. Adicionalmente, estos requerimientos dependerán de la edad, el peso vivo, el nivel de producción (lana y carne), el estado fisiológico del animal, así como la presencia de parásitos gastrointestinales (NRC, 2006).

En términos generales, los requerimientos energéticos y proteicos que reporta la bibliografía son estimados en condiciones de estabulación (Cuadros 1 y 2). Es necesario tener en cuenta que los animales en pastoreo incrementan sus requerimientos de energía en aproximadamente 10-20% respecto a los animales estabulados debido al esfuerzo que implica la búsqueda y cosecha del forraje (Hodgson, 1990). Adicionalmente, en condiciones pastoriles los animales se enfrentan a desafíos parasitarios que pueden reducir el consumo de alimentos e incrementar sus requerimientos (Herrera *et al.*, 2010; NRC 2006), además de estar expuestos a

condiciones meteorológicas (lluvia, calor o frío, viento) que influyen en su comportamiento ingestivo, requerimientos y por lo tanto en su respuesta productiva.

De acuerdo con la información presentada, durante el período estival las pasturas nativas poseen en promedio 1,7 Mcal/kg de MS de EM y 9% de proteína cruda. Si consideramos la selectividad en pastoreo (Montossi *et al.*, 2000), un cordero de 30 kg con un consumo de forraje de 1,2 kg de MS (Freer *et al.*, 1997; 4% de su peso vivo), no lograría cubrir los requerimientos de proteína y energía necesarios para alcanzar una ganancia diaria de 150 g/a/d, como se observa en animales estabulados (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Requerimientos de energía metabolizable (Mcal de EM/día) de corderos según su peso vivo y ganancia de peso (animales alimentados en confinamiento)

Ganancia de peso (g/a/d)	Peso vivo (kg)		
	20	30	40
100	1,5	2,0	2,4
150	1,9	2,5	3,0
200	2,4	3,1	3,8

Fuente: Cuadro adaptado de AFRC, 1993.

Cuadro 2. Requerimientos de proteína metabolizable (g/día) de corderos según su peso vivo y ganancia de peso (animales alimentados en confinamiento)

Ganancia de peso (g/a/d)	Peso vivo (kg)		
	20	30	40
100	64	71	77
150	80	85	91
200	95	100	105

Fuente: Cuadro adaptado de AFRC, 1993.

En pasturas de baja digestibilidad, la inclusión de alimentos altamente degradables en rumen mejora la digestión de las pasturas incrementando el consumo de forraje. Además, en pasturas de bajo contenido proteico, la incorporación de

alimentos energético-proteicos podría incrementar el consumo a través de la mejora en los procesos de fermentación ruminal (Hodgson, 1990). Por otra parte, en corderos post destete, el incremento de proteína en la dieta tiene un efecto positivo sobre el desarrollo de la inmunidad contra las afecciones de parásitos gastrointestinales (Gibson, 1983). La incorporación de suplementos energético-proteicos podría contribuir a mejorar la tasa de crecimiento de los corderos post destete pastoreando pasturas nativas.

1.1.3 Suplementación energético-proteica

El desempeño de corderos post destete sobre pasturas nativas en verano y el uso de suplementos proteicos y balanceados ha sido motivo de estudio en Uruguay. Animales alimentados únicamente en base a pasturas nativas presentan tasas de ganancia de peso variables (32 a 68 g/a/d) e inferiores a las requeridas para lograr un adecuado desarrollo (Piaggio, 2013) (Cuadro 3). La suplementación al 1% del peso vivo durante el período estival permite mejorar el desempeño de los corderos. Sin embargo, las tasas de ganancia de peso no superan los 120 g/a/d, donde los mejores resultados se logran con alimentos de mayor contenido energético (raciones balanceadas y harina de soja). Con respecto a los niveles de proteína, estos trabajos no fueron diseñados (tratamientos con diferentes tipos y cantidades de suplementos, composición química, contenido energético, sistema de administración y palatabilidad) con el objetivo de evaluar específicamente el efecto del contenido proteico de la dieta.

En animales estabulados, un importante número de estudios evaluaron la suplementación con niveles variables de proteína sobre el desempeño de los corderos (Cuadro 4). Estos trabajos utilizaron alimentos con un valor de digestibilidad superior a 70% y un contenido energético entre 2,3 y 2,8 Mcal/kg MS. El consumo de alimentos osciló entre 0,8 y 1,5 kg MS/día. Con respecto al efecto del contenido proteico de la dieta sobre el consumo total de alimento, en la mayoría de los estudios no se registraron diferencias. Sin embargo, Haddad *et al.* (2001) indicaron que los mayores consumos (1,2 kg/d) fueron registrados al utilizar dietas de 16 y 18% de PC, seguidos por las de

12 y 14% de PC (1,0 kg/d). El consumo mínimo (0,8 kg/d) se observó en los corderos alimentados con dietas de 10% de PC. Por otra parte, cuando se evaluaron suplementos con diferentes niveles de PC en corderos en pastoreo y utilizando forrajes similares a las pasturas nativas de basalto (53% digestibilidad y 6% de PC), la ganancia de peso de los animales sin suplemento fue menor a 70 g/a/d, incrementándose linealmente con el uso de suplementos con mayores niveles de PC, siendo 131 g/a/d la máxima ganancia de peso registrada (Gómez Vázquez *et al.*, 2011). Tanto el sistema de producción (estabulado vs pastoreo) como el valor nutritivo del alimento ofrecido (digestibilidad, energía y proteína) afectan los requerimientos, el consumo voluntario y, por lo tanto, el desempeño productivo de los animales.

Cuadro 3. Resumen de estudios nacionales que evaluaron el efecto de la suplementación estival sobre la ganancia de peso vivo en corderos pastoreando pasturas nativas

Fuente	Tratamientos	Dieta	Ganancia (g/a/d)	Conclusiones
Piaggio <i>et al.</i> (2013)	PN	PN	PN: 57	No se registraron diferencias en ganancia diaria entre los animales suplementos
	PN + Arveja	PN + 50 g/a/d de PC	PN + Arveja: 77	
	PN + HS		PN + HS: 86	
	PN + BP		PN + BP: 84	
San Julián <i>et al.</i> (1998)	PN	AF de trigo: <i>ad libitum</i>	PN: 32	El uso de AT no logró mejoras significativas en las ganancias de peso
	PN + AT	Carga en PN: 8 corderos/ha	PN + AT: 42	
Piaggio (2013) Experimento: 2004	PN	Ración: 300 g/a/d	PN: 33	El uso de la ración de 16% de PC mejoró el desempeño de los animales
	PN + R16% PC	Carga en PN: 10 corderos/ha	PN + R16% PC: 95	
	PN + BP (NNP)		PN + BP (NNP): 34	
Piaggio (2013) Experimento: 2005	PN	Ración 16% PC: 300 g/a/d	PN: 46	El uso de la ración de 16% de PC y la HS mejoró el desempeño de los animales
	PN + R16% PC	HS: 100 g/a/d	PN + R16% PC: 116	
	PN + BP (NNP)		PN + BP: 51	
	PN + HS		PN + HS: 71	
Piaggio (2013) Experimento: 2006	PN	Ración 16% PC: 300 g/a/d	PN: 62	Sin diferencias entre suplementos
	PN + R16% PC	HS: 100 g/a/d	PN + R16%PC: 72	
	PN + HS	HG: 270 g/a/d	PN + HS: 89	
	PN + HG		PN + HG: 83	

Fuente	Tratamientos	Dieta	Ganancia (g/a/d)	Conclusiones
Piaggio <i>et al</i> (2011) Experimento: 2007	PN	HS peleteada (entre 42 y 46	PN + 150 g HS: 78	Incrementos en cantidad de HS en la dieta permitió mejorar las ganancias de peso de corderos sobre PN
	PN + 150 g HS	% de PC)	PN + 250 g HS: 101	
	PN + 250 g HS	Carga en PN:10 corderos/ha	PN + 350 g HS: 118	
	PN + 350 g HS			
Piaggio <i>et al.</i> (2014b)	PN	<i>Ad libitum</i> – en	PN: 68	La HS permitió mejores ganancias que el NNP
	PN + HS	autoalimentación	PN + HS: 92	
	PN + NNP	Carga en PN: 10 corderos/ha	PN + NNP: 79	

PC: proteína cruda; PN: pasturas nativas; AF: afrechillo; BP: bloque proteico; NNP: nitrógeno no proteico; HS: harina de soja; HG: harina de girasol; AT: afrechillo de trigo.

Cuadro 4. Resumen de estudios internacionales que evaluaron dietas con diferentes niveles de proteína cruda sobre la ganancia de peso en corderos

Fuente	Tratamientos	Dieta	Ganancia (g/a/d)	Observaciones	Conclusiones
Kaya <i>et al.</i> (2009)	10% PC	25% fardos (2,1 Mcal/kg MS)	10% PC: 141 ^a	Peso inicial: 31 kg	Óptimo: 13 y 16% PC
	13% PC	75% ración Isoenergética (2,8	13% PC: 171 ^{ab}	Biotipo:	
	16% PC	Mcal/kg MS)	16% PC: 183 ^b	Morkaraman	
Haddad <i>et al.</i> (2001)	10% PC	12% fardos	10% PC: 148 ^c	Peso inicial: 23 kg	Óptimo: 16% PC
	12% PC	88% ración Isoenergética	12% PC: 227 ^b	Biotipo: Awassi	
	14% PC	(2,5 Mcal/kg MS)	14% PC: 223 ^b		
	16% PC		16% PC: 287 ^a		
	18% PC		18% PC: 259 ^{ab}		
Titi <i>et al.</i> (2000)	12% PC	100% ración: cebada y	12% PC: 99 ^c	Peso inicial: 15 kg	Óptimo: 16% PC
	14% PC	afrechillo de trigo Isoenergética	14% PC: 171 ^b	Biotipo: Awassi	
	16% PC	(2,3 Mcal/kg MS)	16% PC: 208 ^a		
	18% PC	<i>Ad libitum</i>	18% PC: 189 ^{ab}		
Gómez Vázquez <i>et al.</i> (2011)	PS 6% PC	PS + 300 g de ración	6% PC: 66 ^d	Peso inicial: 19 kg	Óptimo: 19% PC
	13% PC	PS: 1,9 Mcal/kg MS	13% PC: 78 ^c	Biotipo: cruza	
	15% PC		15% PC: 90 ^b		
	17% PC		17% PC: 92 ^b		
	19% PC		19% PC: 131 ^a		
Hajji <i>et al.</i> (2015)	11% PC	33% fardos y 66% ración	11% PC: 166	Peso inicial: 32 kg	11% PC similar a 16% PC
	16% PC	Isoenergética (2,3 Mcal/kg MS)	16% PC: 178	Biotipo: cruza	

Fuente	Tratamientos	Dieta	Ganancia (g/a/d)	Observaciones	Conclusiones
Zundt <i>et al.</i> (2002)	12% PC	30% fardos y 70% ración	12% PC: 160	Peso inicial: 32 kg	12% PC logró similares resultados que 24% PC
	16% PC	Isoenergética	16% PC: 162	Biotipo: cruza	
	20% PC		20% PC: 183		
	24% PC		24% PC: 166		
Machado da Rocha <i>et al.</i> (2004)	14% PC	20% fibra y 80% de ración	14% PC: 228	Biotipo: Santa Inés	Muy buenas ganancias de peso sin diferencias entre niveles de PC
	16% PC	Isoenergética (2,6 Mcal/kg MS)	16% PC: 220		
	18% PC		18% PC: 230		
	20% PC		20% PC: 231		
Meda Alducin <i>et al.</i> (2011)	12% PC	35% fibra y 65% ración	12% PC: 124 ^b	Peso inicial: 19 kg	14% PC incrementó 38% la ganancia de peso respecto a 12% PC
	14% PC	Isoenergética (2,6 Mcal/kg MS)	14% PC: 172 ^a	Biotipo: cruza	
	16% PC		16% PC: 195 ^a		

PC: proteína cruda; PS: pastura sembrada. Para cada experimento, diferentes letras en las ganancias de peso correspondiente a diferentes tratamientos indican diferencias significativas ($P < 0,01$, $P < 0,05$ o $P \leq 0,05$ según el experimento). En el experimento de Gómez Vázquez *et al.* (2011) los animales estuvieron en condiciones de pastoreo, mientras que en todos los demás estudios los corderos estuvieron estabulados.

1.2 IMPLICANCIAS DE LA RECRÍA SOBRE EL PROCESO DE ENGORDE DE CORDEROS

En Uruguay, la ganancia de peso estival de los corderos recriados sobre campo natural es muy variable y en promedio no supera los 60 g/a/d (Piaggio, 2014). Frente a este escenario y en términos generales, los sistemas de producción poseen bajas ganancias de peso estivo-otoñales y el engorde se realiza cuando existe la posibilidad de ofrecerles a los corderos una pastura de mayor disponibilidad y sobre todo de mejor calidad (praderas, cultivos anuales invernales o campo natural en primavera). Con esta estrategia productiva se logra terminar los corderos entre setiembre y diciembre con pesos de faena entre 34 y 50 kg y una condición corporal mínima de 3,5 (Cordero Pesado Tipo SUL, Azzarini, 2003; Montossi *et al.*, 2003).

El engorde de corderos sobre diferentes opciones forrajeras (praderas, mejoramientos o verdeos) en invierno y primavera ha sido objeto de un gran número de trabajos nacionales (Cuadro 5). Si bien desconocemos el peso vivo al momento del destete (diciembre – enero), al inicio del invierno los corderos pesan en promedio entre 23 y 26 kg, por lo cual podemos inferir que la tasa de ganancia de peso durante el período estivo-otoñal fue moderada a baja (entre 30 y 50 g/d), máxime considerando que se trata de una categoría en crecimiento. Por otra parte, si bien las ganancias de peso durante el engorde son cercanas o superiores a 200 g/a/d (Cuadro 5), debido a los bajos pesos iniciales en la mayoría de los casos no es posible alcanzar el peso de faena antes del año de vida de los corderos. En definitiva, la estrategia de recría y engorde más utilizada implica una marcada zafralidad en el mercado de carne ovina de animales jóvenes, una permanencia de los corderos en el sistema hasta su primer año de vida, y una alta dependencia de pasturas mejoradas y/o suplementos que permitan el engorde de los animales en invierno y/o primavera.

Cuadro 5. Resultados productivos nacionales (desarrollados en INIA) del engorde invierno-primaveral de corderos sobre distintas opciones forrajeras

Fuente	Dieta	Carga (corderos/ha)	Período	Peso inicial y final (kg)	Ganancia (g/a/d)
San Julián <i>et al.</i> (2003)	Avena sativa cv INIA Palaris + <i>Lolium multiflorum</i> cv. INIA Titán	25	Jun – Oct (99 días)	23,1 – 40,3	174
San Julián <i>et al.</i> (2003)	<i>Lolium multiflorum</i> cv. INIA Titán	25	Jun – Oct (99 días)	23,5 – 39,7	164
San Julián <i>et al.</i> (2003)	<i>Lolium multiflorum</i> cv. INIA Titán + <i>Trifolium pratense</i> cv. LE 116	10	Jul – Oct (74 días)	25,9 – 44,2	248
San Julián <i>et al.</i> (2003)	<i>Lolium multiflorum</i> cv. INIA Titán + <i>Trifolium repens</i> cv. LE Zapicán	15	Jul – Oct (74 días)	26,2 – 42,9	227
Ayala <i>et al.</i> (2003)	<i>Lotus pedunculatus</i> cv. Grasslands Maku	8	Jun – Oct (110 días)	25,0 – 43,0	162
Montossi <i>et al.</i> (2003)	<i>Lotus corniculatus</i> cv. INIA Draco	8	May – Set (110 días)	23,1 – 43,2	176
Montossi <i>et al.</i> (2010)	Cultivos anuales invernales puros o en mezcla	20 – 25	May – Oct (80-100 días)		150 – 170

Adaptado de Montossi *et al.* (2003; 2010)

1.3 ASOCIACIÓN ENTRE ALIMENTACIÓN Y CALIDAD DE LA CANAL Y LA CARNE

1.3.1 Efecto de la alimentación sobre la canal

El nivel de alimentación puede afectar las características de la canal; por ejemplo, animales con altas tasas de crecimiento generan canales con mayor nivel de engrasamiento comparado con aquellos de crecimiento más lento (Ponnampalam *et al.*, 2008). Adicionalmente, si los animales experimentan períodos de restricción alimentaria y la ingesta de energía no es suficiente para cubrir los requerimientos de mantenimiento, el organismo podría utilizar los lípidos de reserva, lo cual en términos proporcionales incrementa el tejido muscular y reduce la grasa (Butterfield *et al.*, 1983). Estas modificaciones en la deposición o uso de los tejidos pueden alterar la conformación y/o composición de las canales. Se ha documentado que corderos alimentados exclusivamente con pasturas tienen una conformación inferior comparados con aquellos alimentados con pasturas y suplementos (Carrasco *et al.*, 2009). En tanto, la incorporación de suplementos como parte de la dieta de corderos en pastoreo afecta la conformación y el espesor de tejido subcutáneo a nivel de la 12ª costilla y a 11 cm de la línea media (punto GR), que constituye un buen estimador del grado de engrasamiento de la canal (Montossi *et al.*, 2013).

El uso de suplementos energético-proteicos en corderos afecta la calidad de la canal (Núñez *et al.*, 2007). Estudios que evaluaron el desempeño y la calidad de la canal de corderos cruza (2 meses de edad, con 20 kg), alimentados en base a sorgo forrajero, con y sin suplemento, encontraron que los corderos suplementados presentaron mayor tasa de ganancia de peso, mayor rendimiento de la canal y mayor contenido graso respecto a los animales no suplementados (Núñez *et al.*, 2007). Adicionalmente, corderos alimentados con dietas de 14,5% de PC durante los 70 días previo a la faena, presentaron mayor peso pre- faena y de la canal respecto a aquellos que recibieron dietas de 10,5% de PC durante el mismo período (Ebrahimi *et al.*, 2007). Por otra parte, corderos pastoreando forraje de baja calidad (1,9 Mcal/kg MS de EM y 6% de PC) y suplementados con diferentes niveles de proteína (13, 15, 17 y

19% PC) presentaron una mayor tasa de ganancia de peso y mayor rendimiento de la canal respecto a aquellos alimentados exclusivamente en base a pasturas (Gómez Vázquez *et al.*, 2011). De acuerdo con estos estudios, la incorporación de suplementos proteicos en la dieta de los corderos afecta positivamente su tasa de crecimiento y el rendimiento de la canal.

Restricciones alimenticias en diferentes momentos de la vida del animal pueden afectar la calidad de la canal. Sami *et al.* (2013) evaluaron las características de la canal de corderos (3,5 meses, con 26 kg) luego de una etapa de alimentación restringida seguida por una fase de alimentación *ad libitum*. La primera etapa tuvo una duración de 35 días y se evaluaron 3 dietas: *ad libitum*, 25 y 40% de la dieta *ad libitum*. En la segunda fase, todos los animales recibieron una dieta *ad libitum* por 49 días. Los resultados obtenidos indican que los corderos que recibieron un 40% de la dieta *ad libitum*, luego de la fase de re-alimentación presentaron un menor contenido de grasa subcutánea e intramuscular y menor proporción de tejido óseo comparados con los animales que fueron alimentados *ad libitum* durante todo el período. Sin embargo, estos parámetros no fueron afectados en los animales que habían recibido un 25% de la dieta *ad libitum* en la primera etapa y luego fueron re-alimentados, al compararlos con aquellos que siempre recibieron dieta *ad libitum*. En otro estudio, un grupo de corderos (4 meses, con 30 kg) recibió durante 5 semanas una dieta restrictiva (60% de la dieta *ad libitum*), y luego fue re-alimentado *ad libitum* durante las siguientes 7 semanas, mientras que el otro grupo de corderos recibió una dieta *ad libitum* durante todo el período experimental (12 semanas). Los corderos que recibieron 60% de la dieta *ad libitum*, presentaron canales más livianas y con menor contenido de grasa subcutánea en comparación con los animales sin restricción (Abouheif *et al.*, 2013). El efecto de un período de restricción alimenticia en corderos en crecimiento sobre la calidad de la canal depende de la edad de los animales, la severidad y duración de los períodos de restricción y re-alimentación, así como también de la calidad de la dieta ofrecida durante la fase de re-alimentación (Al-Selbood, 2009).

1.3.2 Efecto de la alimentación sobre las características de la carne

Los consumidores juzgan inicialmente la carne por su color, olor y contenido de grasa visible. Luego de probarla, las características como terneza y sabor adquieren mayor importancia (Brito *et al.*, 2002). La nutrición de los animales puede afectar la terneza de la carne. Por ejemplo, un bajo nivel de alimentación que prolongue el tiempo necesario para lograr el peso de faena podría generar una carne menos tierna (Gerrard y Grant, 2006). Sin embargo, el incremento de la edad a la faena no es la única razón por la cual la nutrición puede afectar la terneza de la carne. En bovinos, el uso de dietas energéticas que incrementaron entre 84 y 126% la tasa de ganancia de peso previo al sacrificio, permitió mejorar la terneza de la carne (ganancias medias diarias de 1420, 770 y 340 g/a/d generaron valores de fuerza de corte de 3,8, 4,5 y 4,7 kgf, respectivamente) (Gerrard y Grant, 2006). Por otra parte, en ovinos menores a 12 meses, diferencias de 27 a 46% en las tasas de crecimiento no generaron cambios en la fuerza de corte de la carne (Cuadro 6). El efecto del nivel nutricional sobre la fuerza de corte de la carne dependerá, por lo menos en parte, de la magnitud de los cambios generados tanto en la tasa de crecimiento como en la edad a la faena.

Cuadro 6. Fuerza de corte de la carne (kgf) de corderos de 4 a 11 meses según la tasa de ganancia y peso vivo previo a la faena

Fuente	Tasa de crecimiento (g/a/d)	Peso pre -faena (kg)	Fuerza de corte * (kgf)
Priolo <i>et al.</i> (2002)	238	35	4,8
	185	34	4,8
Gómez Vázquez <i>et al.</i> (2011)	90	27	1,3*
	131	31	1,3*
Aguayo-Ulloa <i>et al.</i> (2013)	204	22	5,7
	266	24	5,8

*Los valores están expresados en kg/cm²

El color de la carne es la principal característica sobre la cual los consumidores basan su decisión de compra (Faustman y Cassens, 1990). Esta característica está determinada principalmente por factores *ante mortem* (raza, sexo, edad, dieta, estado

nutricional, tipo de músculo y estrés) y *post mortem* como la temperatura y tasa de descenso del pH (Montossi *et al.*, 2003). La determinación de este parámetro por colorimetría cuantifica la medición de los tres componentes primarios de la luz percibida por el ojo humano (rojo, verde y azul), proporcionando la cantidad de cada uno de ellos presentes en la luz reflejada y generando coordenadas de luminosidad (L^*), índice de rojo (a^*) e índice de amarillo (b^*). Dietas que generen cambios importantes en el contenido de grasa intramuscular pueden afectar el color de la carne debido a que la grasa es más luminosa que la carne (Priolo *et al.*, 2001). Corderos alimentados con concentrados previo a la faena producen carnes con mayor luminosidad que aquellos alimentados en base a pasturas, atribuyéndose estas diferencias a los mayores valores de pH registrados en los animales en pastoreo (Priolo *et al.*, 2002). Adicionalmente, el peso a la faena puede afectar el color de la carne, donde corderos más livianos presentaron carnes con mayor nivel de amarillo (b^*) y menor brillo (L^*) (Teixeira *et al.*, 2005). Finalmente, un nivel de alimentación que aumente la edad de faena sería otro factor que podría afectar el color de la carne mediante el incremento de la concentración de mioglobina (Montossi *et al.*, 2003).

La alimentación del animal afecta el contenido de grasa intramuscular y composición de ácidos grasos de la misma (Enser *et al.*, 1998). Corderos alimentados en base a forraje tienen una menor deposición de grasa subcutánea en comparación con animales alimentados con dietas en base a concentrados. Estas diferencias están asociadas con la menor concentración energética de los forrajes y el mayor costo de mantenimiento de los animales en pastoreo en comparación con los confinados (Montossi *et al.*, 2014). Los períodos de crecimiento y engorde están asociados con un incremento en la deposición de grasa, primero subcutánea y luego intramuscular. La variación en el contenido de grasa intramuscular afecta la composición de ácidos grasos, independientemente de la especie, raza y dieta (De Smet *et al.*, 2004). A medida que aumenta la grasa intramuscular, el contenido de ácidos grasos saturados (AGS) se incrementa más rápidamente que los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), determinando una disminución de la relación AGPI/AGS. Utilizando información de diferentes trabajos de investigación, De Smet *et al.* (2004) establecieron una relación

entre AGPI/AGS y el contenido de grasa intramuscular en la carne bovina, encontrando que ambas características tienen una relación inversa y exponencial.

Los ácidos grasos considerados más beneficiosos para la salud humana son los AGPI, en particular los de la serie omega-3 (Williams, 2000). De acuerdo con el *British Department of Health* del Reino Unido (1994) la relación AGPI/AGS recomendada en dietas para humanos debería ser superior a 0,45, mientras que la relación omega-6/omega-3 ($n6/n3$), debería ser menor o igual a 4. Los principales ácidos grasos encontrados en la grasa intramuscular de animales alimentados exclusivamente con pasturas o con pasturas más concentradas son el oleico (18:1), palmítico (16:0) y esteárico (18:0), en proporciones de 71 % a 77% del total de ácidos grasos (Brito, 2006). Trabajos realizados con bovinos reportan un mayor contenido de ácido mirístico (14:0), miristoleico (14:1), palmítico (16:0), palmitoleico (16:1) y oleico (18:1) en la grasa intramuscular de los animales terminados con dietas altas en concentrados respecto a los alimentados con pasturas (Brito, 2006). Por su parte, en estos mismos trabajos, los animales terminados en pasturas tuvieron mayores concentraciones de los ácidos esteárico (18:0), linoleico (18:2), linolénico (18:3), araquidónico (20:4), eicosapentaenoico (20:5), y docosapentaenoico (22:5) respecto a los alimentados con concentrados. Esta tendencia también se puede observar en experimentos realizados con ovinos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Perfil de ácidos grasos (%) en la grasa intramuscular de corderos según el tipo de dieta

Ácido graso	Fisher <i>et al.</i> (2000)		Jacques <i>et al.</i> (2016)		Cañeque <i>et al.</i> (2007)	
	P	C	P	C	P	C
14:0	3,2 ^a	2,3 ^b	3,0	2,9	2,3	2,3
14:1	-	-	0,10	0,08	0,06	0,09
16:0	18,6	19,4	22,9 ^b	25,2 ^a	23,4 ^b	25,2 ^a
16:1	-	-	1,4	1,5	1,2 ^b	1,6 ^a
18:0	14,3 ^a	12,3 ^b	19,7 ^a	16,8 ^b	20,7 ^a	16,9 ^b
18:1	31,7 ^b	36,7 ^a	33,5 ^b	38,4 ^a	34,9 ^b	39,3 ^a
18:2	6,8 ^b	9,7 ^a	5,7	5,3	5,4 ^b	6,4 ^a
18:3	2,3 ^a	0,7 ^b	1,9 ^a	0,6 ^b	2,5 ^a	0,8 ^b
20:4 <i>n</i> -6	2,6 ^a	3,3 ^b	1,2	1,0	2,2	2,3
20:5 <i>n</i> -3	1,3 ^a	0,4 ^b	0,1 ^a	0,2 ^b	1,6 ^a	0,4 ^b
22:5 <i>n</i> -3	1,5 ^a	0,8 ^b	0,7 ^a	0,4 ^b	1,4 ^a	0,7 ^b
22:6 <i>n</i> -3	0,6 ^a	0,3 ^b	0,2 ^a	0,1 ^b	0,4 ^a	0,2 ^b

P: pasturas; C: concentrados. Dentro de cada trabajo, diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05).

La carne de los corderos terminados en condiciones de confinamiento y alimentados con concentrados posee una menor relación AGPI/AGS y una mayor relación n6/n3, comparados con aquellos terminados sobre pasturas (Wood *et al.*, 2008). Estas diferencias se producen tanto por la composición de la dieta como por aspectos relacionados al sistema de producción (ejemplo: actividad de pastoreo). En este sentido, corderos en pastoreo produjeron una carne con mayor contenido de ácidos grasos n3 y similar de n6, comparado con aquellos alimentados con el mismo forraje, pero en condiciones de confinamiento. Sin embargo, la magnitud de estas diferencias no fue suficiente para modificar la relación n6/n3 (Jacques *et al.*, 2016). Por otra parte, dentro de los sistemas de producción de corderos que combinan pastoreo y concentrados, el uso restringido de granos no genera diferencias significativas en el perfil de ácidos grasos asociados a la salud humana, produciendo carnes tan saludables como las producidas en sistemas exclusivamente pastoriles (Montossi *et al.*, 2014).

1.4 CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La recría ovina nacional - y en particular en la región basáltica - se desarrolla principalmente sobre pasturas nativas y sobre suelos con restricciones como para utilizar pasturas mejoradas en forma generalizada, lo cual limita el potencial de crecimiento de los corderos post destete. En este contexto, el uso de suplementos energético-proteicos durante el período estival sobre pasturas nativas podría ser una alternativa que permita mejorar la tasa de crecimiento de los corderos. La bibliografía disponible aporta información sobre el impacto productivo del uso de dietas con diferentes niveles de proteína, principalmente en animales estabulados. Sin embargo, es escasa la información sobre la respuesta al uso de suplementos energéticos con diferentes niveles de PC en corderos sobre pasturas nativas de baja calidad, que deben ser seleccionadas y cosechadas por los animales. Si el uso de estos suplementos logra mejorar las tasas de ganancia de peso durante la recría post destete, permitiría adelantar la edad de faena y liberar área de pastoreo para otra categoría o especie en el sistema de producción. Esta estrategia implica cambios en la composición de la dieta, en la actividad de pastoreo, en la tasa de crecimiento y en la edad de faena de los corderos, lo cual podría afectar algunos de los parámetros de calidad de la canal y carne.

1.5 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

El uso de suplementos energéticos con niveles crecientes de proteína (12, 16 y 20%) en corderos recriados sobre pasturas nativas, mejora de forma diferencial su crecimiento y producción de lana, y luego de una etapa de engorde sobre pasturas cultivadas, no genera efectos detrimentales en el valor nutritivo de la carne.

Objetivo general:

- Evaluar el efecto del uso de suplementos iso-energéticos con diferentes niveles de proteína durante la recría estival sobre el crecimiento, producción y calidad de lana, canal y carne de corderos.

Objetivos específicos:

- Evaluar la evolución de peso vivo, área de ojo de bife y grado de engrasamiento de corderos sobre pasturas nativas y suplementados con raciones iso-energéticas de diferentes niveles de proteína durante la recría estival.
- Evaluar el crecimiento y calidad de lana de corderos sobre pasturas nativas y suplementados con raciones iso-energéticas de diferentes niveles de proteína durante la recría estival.
- Determinar el impacto de utilizar suplementos iso-energéticos con diferentes niveles proteicos durante la recría sobre la edad a la faena, las características de calidad de la canal y carne de los corderos luego de una etapa de engorde.

Los siguientes artículos científicos corresponden a los capítulos dos y tres de la tesis.

Body growth and wool characteristics of lambs grazed on native pastures are improved when supplementing with energy and protein. Fue enviado a Small Ruminant Research el 16 de junio de 2018. Ramos, Z; De Barbieri, I; Van Lier, E; Montossi, F. Estado actual: en revisión.

Carcass and meat quality attributes of grazing lambs are affected by supplementation during early rearing post-weaning. Ramos, Z; De Barbieri, I; Van Lier, E; Montossi, F. Será enviado a Small Ruminant Research en 2018.

2. BODY GROWTH AND WOOL CHARACTERISTICS OF LAMBS GRAZED ON NATIVE PASTURES ARE IMPROVED WHEN SUPPLEMENTING WITH ENERGY AND PROTEIN

2.1 ABSTRACT

In a completely randomized experimental design with two replicates, the impact of iso-energetic supplements with different protein levels on body and wool growth was studied in eighty crossbreed (Merino Dohne × Corriedale) castrated male lambs (24.5 ± 4.4 kg of body weight, BW, 4 months of age) in summer (103 days) for three years. Animals were randomly allotted to four treatments ($n = 20$). All lambs grazed native pastures and in three treatments animals were daily supplemented (2% BW) with an iso-energetic supplement of different CP levels: control (CON, no supplement), 12% CP (12CP), 16% CP (16CP) and 20% CP (20CP). Supplemented lambs presented higher final BW (36.0, 36.4 and 37.7 kg for 12, 16 and 20CP, respectively) than CON lambs (28.9 kg) ($P < 0.05$). Among supplemented lambs, the 12CP group had the lowest BW ($P < 0.05$), without differences between 16CP and 20CP. Supplemented lambs presented greater body-weight gain, body condition score, rib eye area and fat thickness than CON lambs ($P < 0.05$). Wool growth was 40% greater in supplemented lambs compared to CON lambs ($P < 0.05$), while 20CP animals presented the greatest growth ($P < 0.05$). Iso-energetic supplementation with different CP (12, 16 and 20%) content improved body and wool growth of lambs grazing native pastures (NP) compared to non-supplemented lambs in summer after weaning. Wool growth was greatest when 20% CP supplement was used.

Keywords: sheep, grazing, body weight

2.2 INTRODUCTION

Weaning is one of the most critical and stressful periods for lambs (Karakus, 2014), and higher weaning weight and post-weaning growth can mitigate mortality rates in weaned lambs (Gabb *et al.*, 2012) and improve future reproductive performance of the ewe (Langlands *et al.*, 1984). After weaning lambs have high energy and crude protein (CP) requirements (NRC, 2006); each additional unit of CP represents additional input costs for the farmers. Energy and crude protein requirements of lambs depend on their body weight, body-weight gain, the diet energy-protein ratio, grazing activities, weather conditions, level of intake, health status, diet metabolizability and CP degradability among others (Coop and Holmes, 1996; NRC, 2006; Freer *et al.*, 2007).

In sheep production systems based on native pastures, the quality and quantity of forage is highly variable (Piaggio *et al.*, 2014). Dry matter digestibility, metabolizable energy (ME) and crude protein content of native pastures in Campos grasslands vary between 48-55 %, 1.7-2.0 Mcal/kg DM and 6-15%, respectively, with lower levels coinciding with summer months when most lambs have been recently weaned (Berretta *et al.*, 2000; Montossi *et al.*, 2000). After weaning, the daily requirements of a 30 kg lamb are 130 g of CP and 2 Mcal of ME for an average body-weight gain (BWG) of 200 g/d. Therefore, weaning lambs on native pastures containing 7-10% CP and less than 2.0 Mcal/kg DM of ME can lead to subclinical metabolic disorders (Keser and Bilal, 2008).

In most studies, to address this issue, lambs are kept in drylots and fed concentrates and dry hay (Kaya *et al.*, 2009; Fernández *et al.*, 2005). For instance, lambs supplemented with 14, 16, 18 and 20% of CP in the diet (20% roughage and 80% concentrate) showed no significant differences in body weight (BW), BWG and feed conversion after 56 days (Machado da Rocha *et al.*, 2004). However, others have shown a positive linear BWG relationship between dietary CP levels and BWG in Merino lambs (McGregor and McLaughlin, 1980). In another study, the most cost efficient diet was achieved with a 12% CP level when using iso-energetic diets with different protein levels in lambs (Zundt *et al.*, 2002). Furthermore, final BW and BWG

increased linearly with dietary protein level in lambs grazing on cultivated pastures (*Cynodon plectostachyus*) supplemented with varying CP levels (13, 15, 17 and 19% CP in the diet) (Gómez Vázquez *et al.*, 2011).

The impact of supplementing grazing lambs with energy and different CP levels has not received much attention in the Campos grasslands. Grazing sheep have the ability to select greater quality pastures (or fractions of the pasture) within the offered forage (Arnold, 1964), which may affect their response to energy and protein supplementation when grazing on native pastures. Furthermore, most of the results on protein supplementation were obtained using high concentrate diets and sheep of meat-purpose breeds. Also, protein intakes are more important for wool growth than energy intake (Kempton *et al.*, 1979), and the major restriction for wool growth is the amount and type of available amino acids to the wool follicle. To the best of our knowledge, little is known about the response in wool production and quality in a dual-purpose breed reared on native pastures and supplemented with different CP levels.

Because the nutritive value of native pastures during summer is insufficient to meet the needs of growing lambs after weaning, our working hypothesis was that supplementation with energy and increasing levels of CP will improve the performance of newly weaned lambs grazing on native pastures. The aim of this study was to compare the impact of using iso-energetic supplements with different protein levels on body weight, body-weight gain, body condition score, rib eye area, fat thickness, wool growth and quality, grazing behaviour and blood parameters on lambs grazing native pastures.

2.3 MATERIALS AND METHODS

2.3.1 Location, period, animals and treatments

The experiment was carried out at Glencoe Experimental Unit of the Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria in Uruguay (-32°2'27", -57°9'7") during summer (from mid-January to mid-April) for three years (2013, 2015 and 2016). All

procedures were approved by the Universidad de la República's Animal Ethics Committee (CHEA N° 2015.46).

Each year, eighty crossbreed Merino Dohne × Corriedale (between 88 and 97% Merino Dohne) and Corriedale castrated male lambs (24.5 ± 4.4 kg BW; 4 months of age) were allotted to one of four treatments ($n = 20$ per treatment) with two replicates per treatment ($n = 10$) according to breed and proportion of Merino Dohne in the crossbreeds. In all treatments, lambs continuously grazed native pastures at a stocking rate of 10 lambs/ha. In three of the four treatments, the animals were supplemented at the same rate (2% BW as fed basis) with an iso-energetic supplement (S, 2.9 Mcal ME/kg DM) which only varied in its CP content. Treatments were as follows: control (CON, no supplement), 12% CP (12CP), 16% CP (16CP) and 20% CP (20CP).

At the beginning of the experimental period, all animals were gradually accustomed to the supplement until the target intake level was reached (10 days). Animals were supplemented twice a day (7:30 am and 5:30 pm), offering half of the total daily amount of feed each time, and had free access to mineral blocks, clean water and artificial shade ($0.9 \text{ m}^2/\text{animal}$). For the supplemented treatments, S offered was adjusted on a weekly basis according to the average unfasted BW of each replicate.

2.3.2 Animal measurements

At the beginning and at the end of the experiment, fasted (14 h) and unfasted BW were recorded. Additionally, unfasted BW was recorded weekly, body condition score (BCS) every 14 days (according to a five-point scale, Jefferies, 1961), and rib eye area (REA) and fat thickness (FT) on a monthly basis. Both REA and FT were measured at the *Longissimus dorsi* muscle by ultrasound. Lambs were scanned with an Aloka SSD 500V W/2X real-time scanner (Tokyo, Japan) using a linear probe of 3.5 MHz (UST-5511U-3.5, 18 cm, Aloka, Tokyo, Japan). The probe was placed perpendicularly to the backbone between the 12th and 13th thoracic vertebrae. Before each measurement, the lamb's wool was brushed aside, and vegetable oil was used as a coupling medium between the skin and the probe. Once a satisfactory image was obtained at the site, it was captured on videotape (VST - NTSC). Measurements were

later calculated by image analysis with BioSoft Toolbox® II for Beef C 2007 - 2012 (Biotronic, Inc. software, Aspen, IOWA, USA).

Wool growth rate was measured using the Langlands and Wheeler (1968) method. A patch of approximately 10 × 10 cm was clipped on the right mid-flank position of each animal at the beginning of the experiment, and at the end of the experiment a second patch was clipped on the same place and wool was removed. The second patch's four sides and one diagonal were measured to calculate the area of the patch using Heron's formula (De Barbieri *et al.*, 2015). Clipped wool was conditioned for 48 h at 60°C in an oven and weighed for greasy wool weight. Wool growth was calculated by the following equation: [(greasy weight (g)/area (cm²)/days of the experiment) × 10⁵]. Samples were sent to a commercial laboratory (Uruguayan Wool Secretariat, Montevideo, Uruguay) where fibre diameter, its coefficient of variation and length of fibre were measured according to the IWTO 12 norm (Measurement of the Mean and Distribution of Fibre Diameter Using the Sirolan-Laserscan Fibre Diameter Analyzer) (ASTM, 1999). Three staple samples were randomly chosen to estimate staple length. Subsamples of 50 g were weighed on a greasy basis and after that washed in beakers emulating industrial procedures, centrifuged and dried at 105°C. This washed and dried sample was left for 24 h in standard atmosphere conditions (20 ± 2°C y 65 ± 3% relative humidity) and reweighed (clean weight) to calculate the washing yield.

Grazing behaviour of lambs was evaluated only during 2016, on three occasions throughout the experimental period (January, February and March). Each lamb was identified with a number on the flank using a colour spray mark and its behaviour was observed every 15 min during daylight hours. Each observer assessed 20 animals at the same time, and rotated between treatments every three hours, allowing the evaluation of all animals by each observer by the end of the day. Recorded activities were: eating concentrate, grazing, ruminating or resting. Total daily time spent in each activity was calculated as follows: (number of observations × 15 min)/60 min. Additionally, to calculate bite rate (bites per minute), the amount of time for the animal to take 20 bites was measured four times during the day, at 9:00, 11:00, 16:30 and

18:00 h and then converted as follows: (1 min × 20 bites)/time (min) for the animal to take 20 bites.

Blood samples were taken only in 2016. Blood samples were collected by jugular venipuncture using two types of vacutainer tubes, one of which contained potassium oxalate as an anticoagulant and sodium fluoride as a preservative (to obtain plasma), and the other free of anticoagulant (to obtain serum). Three samples were taken from each lamb on days 13, 54 and 103 of the experimental period at 9:00, 12:00 and 15:00 h. The samples were centrifuged at 3000 rpm for 10 min and aliquots of plasma and serum were kept at −20°C until analysis. Metabolic profiles were determined at the Laboratory of Animal Endocrinology and Metabolism of the Veterinary Faculty (Universidad de la República, Montevideo, Uruguay). All blood samples were analysed using spectrophotometry (A25, BioSystem, Barcelona, Spain) and the evaluated metabolites were: total protein (Biuret reaction, A25, BioSystem, Barcelona, Spain), albumin (BCG, A25, BioSystem, Barcelona, Spain), urea (GIDH UV, A25, BioSystem, Barcelona, Spain), glucose (GOD-PAD, Vitalab Selectra 2, Wiener Lab group, Montevideo, Uruguay) and β-hydroxybutyrate (BHB) (D-3-hydroxybutyrate kit, A25, BioSystem, Barcelona, Spain). For BHB, the assay detection limit was 0.02 mmol/l, and intra-assay CV for control 1 and 2 were 10.8 and 1.9%, respectively. For glucose, the assay detection limit was 0.08 mmol/l, and intra-assay CV for control 1 and control 2 were 3.4 and 3.5%, respectively. For total protein, the assay detection limit was 1.6 g/l and the intra-assay CV for control 1 and control 2 were 3.1 and 1.3%, respectively. For albumin, the assay detection limit was 1.4 g/l, and intra-assay CV for control 1 and 2 were 4.9 and 2.1%, respectively. For urea, the assay detection limit was 0.63 mmol/l, and intra-assay CV for control 1 and 2 were 10.3 and 5.1%, respectively.

2.3.3 Pasture measurements

Pasture dry matter of each plot was estimated on five selected sites and these were marked at the beginning of the experiment. Every 28 d, on the same sites, five clippings of 5 m long at ground level with an 8-cm wide electric scissors (Handpiece

type: 12V Heiniger, Herzogenbuchsee, Switzerland) were made on each plot, so that at each site a quadrant of 5 m × 8 cm was cut. Each of the five samples were individually fresh weighed and then mixed in a pool. From the pool, two subsamples were fresh weighed and afterwards dry weighed after approximately 48 h of oven drying (60°C) for dry matter content estimation. The average of these two estimations was applied to each of the five fresh weights. The dry matter content of each of the five samples were expressed as herbage mass (kg DM/ha) using the following equation: $[(\text{dry weight (kg)}/0.4 \text{ m}^2) \times 10000]$. Pasture height was measured 10 times using a steel ruler on the same quadrants before the clippings were made. At the beginning of the experiment, average herbage mass and height were 2421 ± 187 kg DM/ha and 12.8 ± 0.95 cm, respectively.

In order to estimate the chemical composition of the forage, pasture samples were analysed for crude protein (CP) and acid detergent fibre (ADF) at the Animal Nutrition Laboratory of INIA La Estanzuela (Colonia, Uruguay). Crude protein was analysed according to the procedure described by AOAC (1990). Acid detergent fibre was analysed following the procedure described by Robertson and Van Soest (1981). Dry matter digestibility (DMD) was calculated to estimate metabolizable energy, using the following equation: $\text{DMD (\%)} = 88.9 - (0.779 \times \text{ADF \%})$ (Suleyman and Mucahit, 2015), while metabolizable energy was estimated as follows: $\text{ME (Mcal/kg)} = (4.4 \times 0.82 \times \text{DMD})/100$ (ARC, 1980). Botanical composition was estimated using two subsamples of the forage sample pool, and each of these was separated into dead and green forage. Then, green forage was separated into the following components: grasses (leaf and stem separately), legumes and weeds. Each green forage fraction was weighed after approximately 48 h of oven drying (60°C). Leaf, stem and legume percentages were calculated considering their dry weight relative to the total dry weight of each subsample. The characteristics of forage and supplement offered are shown in Table 1.

Table 1. Mean ($\pm$ SEM, three years) herbage mass (kg DM/ha), sward height (cm) and chemical composition of the forage and supplement offered to each treatment

Parameter	Treatments				SEM
	CON	12CP	16CP	20CP	
Forage offered					
Herbage mass (kg DM/ha)	2387	2499	2153	2279	177.8
Height (cm)	12.4	12.4	11.9	12.4	1.40
Dry forage (%)	59	57	59	60	-
Green leaves (%)	36	36	34	34	-
Green stems (%)	5	6	6	5	-
Metabolizable energy (Mcal/kg DM)	2.1	2.1	2.1	2.1	0.02
Crude protein (%)	6.6	6.4	6.6	6.7	0.45
Dry matter digestibility (%)	58	58	58	59	0.80
Supplement offered					
Metabolizable energy (Mcal/kg DM)		2.9	2.9	2.9	-
Crude protein (%)		12	16	20	-

CON, 12CP, 16CP and 20CP correspond to Control, 12% CP, 16% CP and 20% CP.

2.3.4 Forage and supplement intake estimation

Potential and relative daily forage DM intake of lambs were estimated using the equations proposed by CSIRO (2007). These estimations were made as follows:

- *Potential intake* = $[0.04 \times \text{Standard Reference Weight} \times \text{Relative Size} \times (1.7 - \text{Relative Size}) \times \text{Condition factor}]$.
- *Relative intake* = $1 - 1.7 \times [\max((0.8 - (1 - \text{legume proportion in the pasture})) - \text{digestibility dry matter of the selected diet})]$.

The Standard Reference Weight (SRW) is *approximately the live weight that would be achieved by that animal when skeletal development is complete and the condition score is in the middle of the range, i.e. condition score 3 for sheep* (CSIRO, 2007). Normal weight was calculated using SRW (kg), birth weight (kg), age of the animal (months) and a constant $k = 0.47$ for sheep. The relative size of the animal was calculated as the ratio of normal weight to SRW.

Metabolizable energy and CP intake were calculated according to the chemical composition and intake of pasture and supplement, and grazing selectivity of sheep on native pastures was taken into account (Montossi *et al.*, 2000). It was assumed that the

forage consumed presented a higher quality than that offered in 23, 29 and 23% for CP, ME and DM digestibility, respectively (Montossi *et al.*, 2000). Total diet CP and ME intakes were estimated as the sum of both supplement and pasture CP and ME intakes, and an 85% substitution of forage by supplement was assumed in the supplemented groups (Hodgson, 1990) (Table 2).

Table 2. Estimated dry matter (kg DM/day), metabolizable energy (ME, Mcal/kg DM), and crude protein (CP, %) intake for each treatment in accordance with the nutritive value of the forage and supplement offered

Parameter	Treatments			
	CON	12CP	16CP	20CP
Metabolizable energy (ME, Mcal/kg DM)				
Supplement ME	-	2.90	2.90	2.90
Forage ME	2.17	2.10	2.13	2.14
Crude protein (CP, %)				
Supplement CP	-	12.0	16.0	20.0
Forage CP	6.6	6.4	6.6	6.7
Estimated DM intake (kg/day)				
Potential daily intake	1.40	1.30	1.30	1.30
Supplement intake (2% BW)	-	0.63	0.63	0.64
Estimated forage intake	1.19	0.66	0.65	0.64
Estimated intake of ME (Mcal/day)				
Supplement ME intake	-	1.83	1.83	1.86
Forage ME intake	3.21	1.78	1.76	1.73
Total diet ME intake	3.21	3.61	3.59	3.59
Estimated intake of CP (kg/day)				
Supplement CP intake	-	0.08	0.10	0.13
Forage CP intake	0.09	0.05	0.05	0.05
Total diet CP intake	0.09	0.13	0.15	0.18

CON, 12CP, 16CP and 20CP correspond to Control, 12% CP, 16% CP and 20% CP; and BW corresponds to body weight.

2.3.5 Statistical analysis

All data (body weight, body-weight gain, body condition score, rib eye area, fat thickness, wool growth and quality, blood parameters and grazing behaviour) was analysed using a general linear model of the statistical package Infostat (Grupo InfoStat Professional, FCA, Universidad Nacional de Cordoba, Argentina). The model included 'treatment' and 'year' and their interactions as fixed effects. For final body weight, body condition score and blood parameters analysis, the first measurement (at the beginning of the experiment) was used as a covariate in the model, whereas the covariate used for rib eye area and fat thickness was the body weight on the same day of the measurements. A simple linear regression model was used for BWG estimation. Differences were considered statistically significant when $P < 0.05$.¹

2.4 RESULTS

Fasted body weight was affected by treatment ($P < 0.05$). Supplemented lambs presented 27% greater final BW than control lambs ($P < 0.05$), whereas among supplemented lambs BW was greatest with 16 and 20% CP levels (Table 3). There was an interaction between treatment and year ($P < 0.05$). In 2015, CON lambs presented lower final BW than 20CP group ($P < 0.05$), but without differences compared to 12 and 16CP lambs, whereas in 2013 and 2016, all supplemented lambs were heavier than CON group ($P < 0.05$). Body weight gain was affected by treatment ($P < 0.05$). Supplemented lambs gained 2.8 times more weight than control lambs. Nonetheless, BWG was not affected by different CP supplement levels (Table 3). There was an interaction between treatment and year ($P < 0.05$). In 2015, no differences were found between CON and 12CP lambs, whereas in 2013 and 2016, all supplemented lambs had greater BWG than CON lambs ($P < 0.05$).

Body condition score was affected by treatment ($P < 0.05$). Supplemented lambs had higher BCS than those non-supplemented ($P < 0.05$), while 12CP lambs had lower

¹ Among supplemented lambs, both quadratic and lineal responses were evaluated and no differences were detected.

BCS than 16 and 20CP ($P<0.05$) (Table 3). The interaction between treatment and year was significant ($P<0.05$). In 2013, 12CP lambs had lower BCS than 20CP lambs ($P<0.05$), while in 2015 and 2016, BCS was not affected by different CP supplement levels. Rib eye area and fat thickness were affected by treatment ($P<0.05$). Rib eye area was greater in supplemented than in control groups ($P<0.05$), while no differences ($P>0.05$) were detected among S treatments. Fat thickness was greater for 12CP and 16CP than control groups ($P<0.05$), whereas 20CP was not different ($P>0.05$) to all groups.

Table 3. Mean ($\pm$ SEM, three years) fasted body weight (kg), body-weight gain (g/d), body condition score (units), rib eye area (cm^2) and fat thickness (mm) of lambs for each treatment

Parameter	Treatments				SEM
	CON	12CP	16CP	20CP	
Fasted body weight (kg)	28.9 ^c	36.0 ^b	36.4 ^{ab}	37.7 ^a	0.55
Body-weight gain (g/d)	44 ^b	118 ^a	123 ^a	131 ^a	10.0
Body condition score (units)	2.8 ^c	3.1 ^b	3.2 ^a	3.3 ^a	0.02
Rib eye area (cm^2) ^{BW}	6.0 ^b	7.3 ^a	7.2 ^a	7.6 ^a	0.40
Fat thickness (mm) ^{BW}	1.7 ^b	2.0 ^a	2.0 ^a	1.9 ^{ab}	0.10

CON, 12CP, 16CP and 20CP correspond to Control, 12% CP, 16% CP and 20% CP.

Different letters within a row (^{a,b}) indicate significant differences ($P<0.05$). ^{BW}: body weight was included as a covariate in the model.

Wool growth was affected by treatment ($P<0.05$). While supplemented lambs produced approximately 40% more wool than control lambs ($P<0.05$), 20CP animals presented the greatest wool growth ($P<0.05$). Wool fibre length was longer for the 20CP group compared with the control group ($P<0.05$), whereas no differences ($P>0.05$) were observed among supplemented lambs (Table 4). Fibres were 13% thinner for the CON lambs compared to supplemented groups ($P<0.05$), which did not present differences among them.

Table 4. Mean ($\pm$ SEM, three years) wool growth ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$ per day), fibre diameter (μ), fibre length (cm), coefficient of variation of fibre diameter (%) and yield (%) of lambs for each treatment

Parameter	Treatments				SEM
	CON	12CP	16CP	20CP	
Wool growth ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$ per day)	907 ^c	1223 ^b	1234 ^b	1375 ^a	33.0
Wool fibre diameter (μ)	18.2 ^b	20.1 ^a	20.7 ^a	20.9 ^a	0.6
Wool fibre length (cm)	3.9 ^b	4.2 ^{ab}	4.3 ^{ab}	4.4 ^a	0.5
Coefficient of variation of fibre diameter (%)	16.8	17.6	17.3	17.3	0.8
Yield (%)	75.6	75.3	74.3	73.8	3.5

CON, 12CP, 16CP and 20CP correspond to Control, 12% CP, 16% CP and 20% CP.

Different letters within a row (^{a,b,c}) indicate significant differences ($P < 0.05$) among treatments.

Total grazing, supplement intake, rumination and resting times were affected by treatment ($P < 0.05$). Control lambs spent more time grazing than supplemented groups (7.8 h vs 5.3 h, $P < 0.05$), while among supplemented groups, 12CP lambs spent 15 and 22% more time grazing than 16CP and 20CP, respectively. Control and 12CP lambs ruminated 40% less time than 16CP and 20CP groups ($P < 0.05$). Resting time was 40% less for control animals compared to supplemented groups ($P < 0.05$). Supplement intake time was similar for all supplemented groups ($P > 0.05$). Mean bite-rate was unaffected by treatment ($P > 0.05$).

No differences ($P > 0.05$) were found between dietary treatments for mean plasma β -hydroxybutyrate, glucose or total protein (Table 5). Both, glucose and β -hydroxybutyrate fluctuated within a narrow range. Albumin concentration was 18% lower in control compared to supplemented groups ($P < 0.05$), whereas among supplemented groups no differences were found ($P > 0.05$). Urea concentrations were affected by treatments and the highest concentration was observed in CON lambs (Table 5).

Table 5. Mean ($\pm$ SEM, only 2016) concentrations of blood β -hydroxybutyrate (mmol/l), glucose (mmol/l), total protein (g/l), albumin (g/l) and urea (mmol/l) of lambs for each treatment

Parameter	Treatments				SEM
	CON	12CP	16CP	20CP	
β -hydroxybutyrate (mmol/l)	0.4	0.4	0.5	0.5	0.03
Glucose (mmol/l)	4.1	4.1	4.0	3.9	0.13
Total protein (g/l)	50.8	54.2	53.4	54.5	1.10
Albumin (g/l)	24.0 ^b	27.0 ^a	28.5 ^a	29.1 ^a	0.76
Urea (mmol/l)	6.6 ^a	5.2 ^b	5.1 ^b	6.1 ^{ab}	0.29

CON, 12CP, 16CP and 20CP correspond to Control, 12% CP, 16% CP and 20% CP.

Different letters within a row (^{a,b}) indicate significant differences ($P < 0.05$) among treatments.

2.5 DISCUSSION

This experiment evaluated the effect of supplementation with energy and increasing levels of CP in newly weaned lambs grazing native pastures on body weight, body-weight gain, body condition score, rib eye area, fat thickness, wool growth and quality, grazing behaviour and blood parameters. The hypothesis that supplementation improves lamb performance after weaning was confirmed. The use of iso-energetic supplements enhanced both wool production and quality, body weight and body condition score achieving the highest production when 16 and 20% CP were used. However, for BWG and REA no differences were found among CP supplement levels. Wool and meat production in weaned lambs of a dual-purpose breed fed with high-energy concentrate and different protein levels on native pastures can be improved with increasing dietary CP levels.

The nutritive value of native pastures during summer can be insufficient to meet the requirements for a high meat and wool production in lambs under grazing conditions. According to Grazfeed predictions (Freer *et al.*, 1997) the estimated intake for the non-supplemented lambs in our study should have been approximately 1.4 kg DM/day without satisfying the requirements of rumen degradable protein and thus limiting forage intake. The estimated intake would have allowed a BWG of

approximately 82 g/d. However, the lambs from the CON group presented a BWG below 50 g/day, which could be explained by either a higher energetic cost of forage harvest or an increase in the protein and energy demand by a potential nematode infection (Liu *et al.*, 2005). The first explanation could be based on the wide variation of energetic costs associated with grazing activities (25 to 50% of daily energy requirements) (Krysl and Hess, 1993), which, in this case, could have increased animal requirements. The second interpretation is based on the fact that grazing young lambs under suboptimal nutritional status are more susceptible to gastrointestinal nematode infection, which can eventually affect their growth rate (Coop and Holmes, 1996), events not considered in estimations made by Freer *et al.* (1997). A properly balanced diet is essentially for normal growth and development of the immune system of young lambs, an area critical for achieving high performances in a grazing-based production system.

Protein supplementation improves the performance of animals fed with low-quality forages (Moore *et al.*, 1999). Even though our supplements contained 12, 16 and 20% CP, actual dietary levels were probably closer to 10, 12 and 14%, respectively due primarily to the low quality of the consumed forage (Table 2). Previous studies evaluated iso-energetic diets with different overall CP levels (10, 12, and 14% CP) and found significant differences in BWG of lambs (initial BW: 23 kg) supplemented with 10% CP compared with 14% CP level (Haddad *et al.*, 2001). On the other hand, lambs with an initial BW of approximately 15 kg consuming diets with different CP levels, showed significant differences in BW between supplementing a 12 or 14% CP content diet (Titi *et al.*, 2000). In these two experiments, BWG fluctuated within a wide range (from 99 to 223 g/day) but lambs were not allowed access to pastures. In our study, the maximum BWG achieved was 131 g/d when CP levels were at 20%. In accordance with this data, Gómez Vázquez *et al.* (2011) found that the maximum BWG achieved was 131 g/day in a diet with 19% CP when animals were fed with different protein level under grazing conditions. In order to improve the growth of lambs grazing low-quality pastures during summer, according to the CP levels evaluated here, supplements with at least 12% CP and 2.9 ME contents are necessary.

Most of the studies indicate a linear relationship between body weight and body condition score, but the increase of body weight for each unit of BCS varies according to the breed (Kenyon *et al.*, 2014). In our study, the difference detected in BCS between control and supplemented lambs was only 0.7 units, which was associated with a body weight change of 7.9 kg. Therefore, we expect that within supplemented groups no relevant differences in BCS were possible due to the narrow range of body weights (differences of less than 2 kg). Body condition score is a good predictor of body fat reserves; FT is positively correlated with BCS ($r = 0.66$, Chay-Canul *et al.*, 2016). Increases in BCS from 3 to 4, or 4 to 5 units (Jefferies, 1961) results in a greater rate of fat deposition at a subcutaneous and omental level (Teixeira *et al.*, 1989). In our study, difference of 0.7 BCS units was sufficient to detect differences in the FT of supplement animals compared to CON animals. On the other hand, REA is related to muscle development and can be used as an indicator of total amount of muscle mass and high valuable cuts yield (Williams, 2002). Therefore, according to the existing associations between BCS, REA and FT with BW or BCS change, due to the narrow range of final BW among supplemented treatments, our results are consistent with those expectations, showing little scope to alter muscle development and fat deposition by increasing CP levels in the supplement beyond 12% CP.

Wool growth of grazing sheep depends largely on its genetic potential and on its ability to satisfy its energy and amino acids requirements from pasture (Rogers and Schlink, 2010). Wool growth and body weight gain are determined by the availability of both energy and protein, if the availability of the latter is limiting, an increment in CP will stimulate both, wool growth and BWG (Kempton *et al.*, 1979). Reduced wool growth rate was associated with the lowest-quality diet (CON), while maximal growth was observed with 20% CP supplement (Table 4). Wool growth trends were essentially similar to those of body weight, which were similar to the results found by Hutchinson and Porter (1958) when contrasting different diets. In the current experiment, CON lambs presented the thinnest fibre, which agrees with Frey *et al.* (2007), who established a positive correlation between wool growth and fibre diameter. In our study, wool production was limited in the non-supplemented lambs on native pastures

containing 6% CP and 2.1 MCal/kg DM of ME and was substantially improved by supplementing the animals with a ration containing at least 12% CP.

Herbage mass, botanical composition, structure and chemical components of the pasture and the use of supplement can affect the grazing behaviour and forage intake of animals. In the present study, even if the herbage mass was more than 2000 kg DM/ha, that would not negatively affect grazing time or the rate of eating (CSIRO, 2007), the proportion of dead forage and chemical composition of the forage might have limited CON animals in achieving their potential intake. Total intake can be calculated as the product of bite rate, bite size and composition, and time spent grazing, and a grazing time over 8 or 9 hours per day probably indicates limiting pasture conditions (White and Hodgson, 1999). Control lambs spent approximately 8 h grazing during daylight hours, which was below the upper limit that would satisfy their intake. Supplemented lambs grazed 2.5 hours less and presented similar bite rate as non-supplemented lambs. Although we can neither estimate bite size nor its composition, shorter grazing periods in supplemented groups would indicate decreased forage intake (substitution), which is in agreement with Hess *et al.* (1994) who reported that pasture grazing time for cattle decreases between 1 and 2 h/day in protein supplementation schemes compared with non-supplemented animals. Among supplemented lambs, the 12CP group spent more time grazing than the 16CP and 20CP groups, even though their BWG was similar between them. This could indicate that the total DM intake for 12 CP lambs was greater resulting in a lower substitution rate of forage for supplement. The assumed substitution not only would have allowed animals to decrease their energy requirements (less time grazing) and to enhance their herbage selectivity, but also would have given them the opportunity to create an improved diet in terms of metabolizable energy, protein content, in favour of improved animal performance.

Nutritional disorders can change blood parameters (Keser y Bilal, 2008). β -hydroxybutyrate concentrations above 0.8 mmol/l could indicate nutritional stress in pregnant ewes (Russel, 1984). In the present experiment, all treatments were below this limit. On the other hand, lambs fed with diets with different CP content (17.6 and 8.1% CP) had similar ranges of plasma glucose concentrations (from 3.2 to 3.8 mmol/l and

3.0 to 3.7mmol/l, respectively) (Katunguka-rwakishaya, 1997). This observation is in agreement with our results, in both magnitude and effect of protein level. Total protein is an important component determining blood viscosity and acid-base balance (Keser and Bilal, 2008). Total protein levels were slightly below the limit established for this category (55 – 75 g/l, MVM, 1991), without differences among treatments. Similar results were found by Keser and Bilal (2008), who indicated that the use of different CP levels (10, 12, 14, 16 and 18%) in the diet of weaned lambs did not affect total protein in blood, probably because compensatory mechanisms between albumin and globulin levels may occur (Roil *et al.*, 1974). Consequently, the fact that similar results were found in our experiment could be explained by these mechanisms. Albumin concentration of control lambs was below the limit established for grazing sheep (26 g/l) which would indicate sub optimal feeding levels (Cutress *et al.*, 1972). According to our results, it is possible that control lambs did not have the adequate conditions to express their productive potential and the use of the supplement lifted this condition for the other lambs.

2.6 CONCLUSIONS

Using iso-energetic supplementation with different protein contents (12, 16 and 20%) improved nutritional status, as well as body weight and wool production of lambs grazing on native pastures. Among supplemented groups, the highest level of crude protein was not able to improve BWG and REA in respect to 12 and 16 CP supplement levels. However, body weight and wool production were improved with increasing CP diet levels. In order to improve our understanding of the impact of energy and protein supplementation on the performance of summer weaned lambs on native pasture, total grazing behaviour, forage intake and selectivity need to be evaluated in lambs of different age and body weight.

2.7 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge the assistance of all staff of Glencoe Experimental Unit as well as help from Fiorella Cazzuli, Carolina Viñoles, Ana Meikle, Manuel Soares de Lima and Pablo Speranza during the preparation of this article.

2.8 REFERENCES

- AOAC - Association of Official Analytical., 1990. Official Method of Analysis. 15th Ed. Chemists Washington, D. USA.
- ARC - Agricultural Research Council., 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux. The Gresham Press London, UK. 72-88.
- Arnold, G., 1964. Some principles in the investigation of selective grazing. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 5, 258-271.
- Berretta, E., Risso, D., Montossi, F., Pigurina G., 2000. Campos in Uruguay. En: Lemaire G, Hodgson J, Moraes A. Nabinger C. Carvalho, P. (Eds.). Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. CAB International 2000. Curitiba, Brasil. 377-394.
- Chay-Canul, A.J., Garcia-Herrera, R., Meza-Villalvazo, V.M., Gómez Vázquez, A., Cruz-Hernandez, A., Magaña-Monforte, J.G., Ku-Vera, J.C., 2016. Body fat reserves and their relationship to ultrasound back fat measurements in Pelibuey ewes. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 3, 407-413.
- Coop, R.L., Holmes, PH., 1996. Nutrition and parasite interaction. International J. Parasitol. 26, 951-962.
- CSIRO - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation., 2007. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. CSIRO publishing Collingwood, Melbourne, Victoria. 71.

- Cutress, T.W., Suckling, G.W., Healy, W.B., Mattingley, J., Aitken, W.M., 1972. Periodontal disease in Sheep II. The composition of Sera from Sheep with periodontosis. *J. Periodontol.* 43, 668-676.
- De Barbieri, I., Hegarty, R.S., Li, L., Oddy, V.H., 2015. Association of wool growth with gut metabolism and anatomy in sheep. *Liv. Sci.* 173, 38-47.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C., 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Fernández, M., Giráldez, F., Frutos, P., Hervás, G., Mantecón, A., 2005. Effect of undegradable protein concentration in the post-weaning diet on body growth and reproductive development of Assaf rams. *Theriogen.* 63, 2206-2218.
- Frey, A., Martín, N., De Caro, A., Álvarez Ugarte, D., Elvira, M., 2007. Variación del diámetro promedio de fibras en ovejas Merino trasladadas desde la Patagonia a la región Pampeana en Argentina. *ALPA*. Cusco, Perú. 1-6.
- Freer, M., Dove, H., Nolan., 2007. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. CSIRO Publishing. Collingwood.
- Freer, M., Moore, A.D., Donnelly, J.R., 1997. GRAZPLAN: Decision Support Systems for Australian Grazing Enterprises - II. The Animal Biology Model for Feed Intake, Production and Reproduction and the GrazFeed DSS. *Agric. Syst.* 541, 77-126.
- Gabb, S., Hatcher, S., Eppleston, J., Watt, B., Thornberry, K.J., 2012. Managing the weaning transition of Merino lambs by promoting positive growth rates and increasing survival – Is yard weaning a viable option?. *Anim. Prod. Sci.* 52, 516-523.
- Gómez Vázquez, A., De la Cruz-Lazaro, E., Pinos-Rodriguez, J.M., Guerrero-Lagarreta, I., Plascencia-Jorquera, A., Joaquin-Torres, B.M., 2011. Growth performance and meat characteristics of hair lambs grazing stargrass pasture without supplementation or supplemented with concentrate containing different levels of crude protein. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A: Anim. Sci.* 61, 115-120.

- Haddad, S.G., Nasr, R.E., Muwalla, M.M., 2001. Optimum dietary crude protein level for finishing Awassi lambs. *Small. Rumin. Res.* 39, 41-46.
- Hess, B.W., Park, K.K., Krysl, L.J., Judkins, M.B., McCracken, B.A., Hanks D.R., 1994. Supplemental protein for beef cattle grazing dormant intermediate wheatgrass pasture: effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, grazing behavior, ruminal fermentation, and digestion. *J. Anim. Sci.* 72, 2113-2123.
- Hodgson, J., 1990. Supplements. In: Whittemore, C., Simpson, K. (Eds.). *Grazing management, science into practice*. Longman Scientific & Technical. New York, pp. 135-141.
- Hutchinson, K.J., Porter, R.B., 1958. Growth and wool production of Merino hoggets related to grazing intake in a South Australian environment. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 2, 33-41.
- Jefferies, B.C., 1961. Condition scoring and its use in management. *Tasm. J. Agric.* 32, 19-21.
- Karakus, F., 2014. Weaning stress in lambs. Yuzuncu Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Van, Turkey. *Journal of International Scientific Publications: J. Agric. Food.* 2, 165-170.
- Katunguka-rwakishaya, E., 1997. The influence of dietary protein on some blood biochemical parameters in Scottish Blackface sheep experimentally infected with *Trypanosoma Congolense*. *Vet. Parasitol.* 68, 227-240.
- Kaya, I., Unal, Y., Sahin, T., Elmali, D., 2009. Effect of different protein level on fattening performance, digestibility and rumen parameters in finishing lambs. *J. Anim. and Vet. Adv.* 8, 309-312.
- Kempton, T.J., Nolan, J.V., Leng, R.A., 1979. Protein Nutrition of Growing Lambs. *Br. J. Nutr.* 2, 303-315.
- Kenyon, P.R., Maloney, S.K., Blache, D., 2014. Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *NZ. J. Agric. Res.* 71, 38-64.
- Keser, O., Bilal, T., 2008. Effect of Different Dietary Crude Protein Levels on Performance, N Digestibility and Some Blood Parameters in Kivircik Lambs. *Acta Veterinaria.* 58, 487-498.

- Krysl L.J., Hess, B.W., 1993. Influence of Supplementation on Behavior of Grazing Cattle. *J. Anim. Sci.* 71, 2546-2555.
- Langlands, J.P., Donald, G.E., Paull, D.R., 1984. Effects of different stocking intensities in early life on the productivity of Merino ewes grazed as adults at two stocking rates. *Reproductive Performance. Anim. Prod. Sci.* 24, 47-56.
- Langlands, P., Wheeler, L., 1968. The dyebanding and tattooed patch procedures for estimating wool production and obtaining samples for the measurements of fibre diameter. *Anim. Prod. Sci.* 8, 265-269.
- Liu, S.M., Smith, L.J.E., Karlsson, D.G., Palmer, D.G., Besier, R.B., 2005. The costs for protein and energy requirements by nematode infection and resistance in Merino sheep. *Liv. Prod. Sci.* 97, 131-139.
- Machado da Rocha, M., Susin, I., Vaz Pires, A., Jalme de Souza Fernandes, J., Quirino Mendes, C., 2004. Performance of Santa Ines lambs fed diets of variable crude protein levels. *Scientia Agricola.* 61, 141-145.
- McGregor, B.A., McLaughlin, J.W., 1980. The Influence of dietary protein and energy concentration on the growth of Merino weaner sheep. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 20, 308-315.
- Montossi, F., Pigurina, G., Santamarina, I., Berretta, E., 2000. Estudios de selectividad animal en diferentes comunidades vegetales de la región de basalto y su importancia práctica en el manejo del pastoreo con ovinos y vacunos. En: Montossi, F., Pigurina, G., Santamarina, I., Berretta, E. (Eds.). *Selectividad Animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica.* INIA. Montevideo. (Serie Técnica; 113). 21-63.
- Moore, J.E., Brant, M.H., Kunkle, W.E., Hopkins, D.I., 1999. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *J. Anim. Sci.* 77, 122-135.
- MVM - Merck Veterinary manual., 1991. The Handbook of Diagnosis, Therapy, and Disease Prevention and Control for the Veterinarian. In: Fraser, C.M., Bergeron, J.A., Mays, A., Aiello, S. (Eds.). 7th Ed Oceano. Rahway, New Jersey. 1832 p.

- NRC - National Research Council., 2006. Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. National Academy Press. Washington, DC. 256.
- Piaggio, L., Marichal, M., Del Pino, M.L., Deschenaux, H., 2014. Growth rate of weaned lambs grazing brown midrib sorghum (*Sorghum Bicolor*) supplemented with increasing levels of soybean meal. *Anim. Prod. Sci.* 54, 1278-1281.
- Robertson, J.B., Van Soest, P.J., 1981. The detergent system of analysis. In: James, WPT., Theander, O. (Eds.). *The Analysis of Dietary Fibre in Food*. Marcel Dekker, New York, pp. 123-158.
- Rogers, G.E., Schlink, A.C., 2010. Wool Growth and Production. In: Cottle, DJ. (Ed.). *International Sheep and Wool Handbook*. Nottingham University Press. Melbourne, pp. 373-394.
- Roil, M.R., Suckling, G.W., Mattingley, J., 2011. Serum Total Protein and Albumin Levels in Grazing Sheep. *NZ. Vet. J.* 37-41.
- Russel A.J.F., 1984. Means of assessing the adequacy of nutrition of pregnant ewes. *Liv. Prod. Sci.* 11, 429-436.
- Suleyman, T., Mucahit, P., 2015. Evaluating orchard and poplar leaves during autumn as an alternative fodder source for livestock feeding. *Cien. Inv. Agr.* 42, 27-33.
- Teixeira, A., Delfa, F., Colomer-Rocher, R., 1989. Relationships between Fat Depots and Body Condition Score or Tail Fatness in the Rasa Aragonesa Breed. *Anim. Sci.* 49, 275-280.
- Titi, H.H., Tabbaa, M.J., Amasheh, M.G., Barakeh, F., Daqamseh, B., 2000. Comparative performance of Awassi lambs and Black goat kids on different crude protein levels in Jordan. *Small. Rumin. Res.* 37, 131-135.
- White, J., Hodgson, J., 1999. *Nutrition of grazing animals*. New Zealand Pasture and Crop Science. Oxford University Press. Auckland, pp. 128-129.
- Williams, A., 2002. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. *J. Anim. Sci.* 80, 183-188.
- Zundt, M., De Assis Fonseca de Macedo, F., Nunes Martins, E., Mexia Agostinho, A., Yamamoto, S., 2002. Desempenho de cordeiros alimentados com diferentes níveis protéicos. *R. Bras. Zootec.* 31, 1307-1314.

3. CARCASS AND MEAT QUALITY ATTRIBUTES OF GRAZING LAMBS ARE AFFECTED BY SUPPLEMENTATION DURING EARLY REARING POST-WEANING

3.1 ABSTRACT

The effect iso-energetic supplements (2.9 Mcal/kg DM) with different crude protein (CP) levels (12, 16 and 20% CP) during the early post-weaning phase were evaluated on lamb carcass and meat quality traits. For three years (January-April; 2013, 2015 and 2016), eighty crossbred lambs (Merino Dohne × Corriedale, with an initial average body weight -BW- of 24.5 ± 4.4 kg with 4 months of age) were randomly allotted each year to the following treatments: CON: native pastures (NP) without S (supplement); 12CP: NP + S with 12% CP; 16CP: NP + S with 16% CP; 20CP: NP + S with 20% CP. Thereafter (April-July), all animals were managed together on an annual forage winter crop (ryegrass or oat) without supplementation use until an average slaughter weight of 43 kg was reached. Weight of carcass high-value cuts and Warner-Bratzler shear force (WBSF) were similar among treatments ($P>0.05$), whereas differences in fatty acid ratios tended to favour those animals fed exclusively on pastures. Carcass and meat fatness levels tended to be greater in supplemented treatments. Supplementation with different crude protein (CP) levels for approximately 3 months during an early post-weaning rearing period in lambs grazing native pastures, resulted in a greater productivity without significant detrimental effects on the proportion of beneficial fatty acids for human health, meat color and WBSF after a fattening period.

Keywords: nutrition, weaned lambs, meat quality

3.2 INTRODUCTION

Diet is one of the most important factors affecting human health (Jiménez-Colmenero *et al.*, 2001), being red meat of utmost importance given that represents a significant source of protein, minerals and vitamins, all necessary to achieve an optimal human health status (Celada *et al.*, 2015; Higgs, 2000). Demographic growth, urbanisation and changes in the purchasing power of worldwide population have increased meat and other animal products' demand (Givens *et al.*, 2006). In response to this demand, most red meat producing and exporting countries are concerned about favouring its beneficial effects for human health (Celada *et al.*, 2015) and those associated with the consumer's decision when buying meat (tenderness, colour, flavour) (Jacques *et al.*, 2016).

Feeding systems and diet can affect carcass and meat quality of lambs (Jacques *et al.*, 2016; Owens and Gardner, 1999; Priolo *et al.*, 2002). In comparison with grain-fed lambs, finishing lambs on pasture may lead to decreased growth rate and carcass weight. In contrast, fattening lambs on concentrate presented more efficient growth and heavier carcasses (Murphy *et al.*, 1994). On the other hand, at the same slaughter body weight (BW) and similar body-weight gain (BWG), drylot reared lambs presented similar hot carcass weight (HCW) and greater subcutaneous tissue thickness (GR point) than animals on native pastures (Majdoub-Mathlouthi *et al.*, 2015). Regarding to meat colour and tenderness, lighter lambs presented greater yellowness (b^*) and lower lightness (L^*) (Teixeira *et al.*, 2005), whereas the highest meat tenderness was registered in drylot and concentrate-fed lambs compared to lambs grazing on native pastures (Perlo *et al.*, 2008). As for meat fatty acid composition, n-3 polyunsaturated fatty acid (PUFA) concentration was greater in grazing lambs compared to lambs fed with concentrate (Jacques *et al.*, 2016) without differences in n-6 PUFA concentration between them. This greater concentration of n-3 PUFA and similar level of n-6 PUFA, led to a decrease on n-6/n-3 PUFA ratio, which is beneficial for human health (Simopoulos, 2002).

The nutritional history may affect carcass and meat quality. Sami *et al.* (2013) evaluated the carcass quality of lambs fed with either an *ad libitum* diet or with a 40%

reduction of this diet for 35 days, after which animals that underwent the restriction were fed *ad libitum* for the next final 49 days while the originally *ad libitum* animals continued with the same diet. Restricted animals presented similar cold carcass weight but lower fat deposition. Similar results were found in lambs fed with 80 or 90% of an *ad libitum* diet for a six-week period followed by two weeks of *ad libitum* feeding compared to animals fed *ad libitum* during an eight-week experimental trail (Abouheif *et al.*, 2015). Moreover, lambs (30 kg BW) fed with 60% of an *ad libitum* diet for five weeks followed by seven weeks of *ad libitum* feeding (re-alimentation phase) had lower HCW, lower GR depth and similar intramuscular fat (IMF) compared with *ad libitum* fed lambs (Abouheif *et al.*, 2013). The magnitude of the effects of the restriction depends on the age of the lambs, the severity and duration of restriction and both the quality and duration of re-alimentation phase (Al-Selbood, 2009).

Post-weaned lambs on low quality native pastures, will not reach BWG greater than 60 g/a/d (Piaggio, 2014). This performance could be doubled when energetic supplements (2.9 Mcal/kg dry matter, DM) with at least 12% CP are used (Ramos *et al.*, 2018), and this could alter both age and BW to slaughter. Nevertheless, little is known about the effect on carcass and meat quality of using these supplements during the early post-weaning phase of lambs when thereafter all animals are finished under similar fattening strategy on grazing conditions. Our working hypothesis was that energy supplementation with increasing CP levels during the early post-weaning phase with similar fattening conditions thereafter, will affect carcass and meat quality traits. The aim of this study was to compare the impact of using iso-energetic supplements with different protein levels on carcass components and relevant meat quality traits.

3.3 MATERIALS AND METHODS

3.3.1 Location, period, animals and treatments

The experiment was carried out at Glencoe Experimental Unit of the Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) in Uruguay (-32°2'27", -

57°9'7") from mid-January to late July for three years (2013, 2015 and 2016). All procedures were approved by the Universidad de la República's Animal Ethics Committee (CHEA N° 2015.46).

Each year, eighty crossbreed Merino Dohne × Corriedale (between 88 and 97% Merino Dohne) and Corriedale castrated male lambs (24.5 ± 4.4 kg BW; 4 months of age) were randomly allotted to one of four treatments ($n = 20$ per treatment) and two replicates per treatment ($n = 10$) according to Merino Dohne blood proportion in the crossbreeds. In all treatments, lambs continuously grazed native pastures at a stocking rate of 10 lambs/ha during the early post-weaning phase (January-April). In three of the four treatments, the animals were supplemented at the same rate (2% BW as-dry fed basis) with an iso-energetic supplement (S, 2.9 Mcal ME/kg DM) which only varied in its CP content. Treatments were as follows: Control (CON, no supplement), 12% CP (12CP), 16% CP (16CP) and 20% CP (20CP) and were applied only during summer-early autumn period. At the beginning of the experimental period, all animals were gradually accustomed to the supplement until the target intake level was reached (approximately 10 days). Animals were supplemented twice a day (7:30 a.m. and 5:30 p.m.), offering half of the total daily amount of feed each time, and had free access to mineral blocks (calcium, phosphorus, sodium, iron, zinc, copper, magnesium, cobalt, selenium and iodine.), clean water and artificial shade ($0.9 \text{ m}^2/\text{animal}$). For the supplemented treatments, feed intake was adjusted every seven days according to the average unfasted BW of each replicate. For all treatments, average herbage mass and forage height were 2330 ± 346 kg DM/ha and 12.3 ± 0.5 cm, respectively. Whereas, average CP and energy content in forage offer were 6.5% and 2.1 Mcal/kg DM, respectively. The effect of these treatments on body weight, body-weight gain, body condition score, rib eye area, fat thickness, wool growth and quality, grazing behaviour and blood parameters were evaluated by Ramos *et al.* (2018).

After the early rearing phase and for three months (mid-April to late-July), all animals were managed together on an annual forage winter crop (ryegrass or oat) with no use of supplement. The grazing management system was alternate with two paddocks and an instantaneous stocking rate that ranged from 8 to 11 lambs/ha. Animals were removed from each paddock when forage height was less than or equal

to 12 cm. Lambs grazed under these conditions until an average slaughter weight of 43 kg was reached.

3.3.2 Carcass quality measurements

Lambs were slaughtered at a commercial abattoir. Immediately after the lambs were slaughtered, each HCW was recorded. Carcasses were chilled at 4°C for 24 h and afterwards total depth of subcutaneous tissue was determined at 11 cm from the carcass midline over 12th rib (GR, Kirton, 1989). Additionally, the length of the carcass (LC) was measured according to Pálsson (1939). Measurements of pH were taken 24 h post mortem at the *Longissimus dorsi* (LD) muscle using a pH-meter (Hanna HI 9125, Cluj-Napoca, Rumania). Forty-eight hours *post mortem*, the following cuts were weighed: leg, shoulder and frenched rack (FR). Subsequently, LD muscle samples were removed from the lumbar area, individually vacuum-packaged and transported to INIA Tacuarembó Meat Technology Laboratory where they were aged (between 0 to 2°C) for 5 or 10 days. Carcass compactness index was calculated as follows: HCW/LC.

3.3.3 Meat quality measurements

After ageing period (5 or 10 days), the vacuum bags containing the samples were opened and exposed to the atmosphere for 45 min. After that, meat colour (L*, lightness; a*, redness/greenness and b*, yellowness/blueness) was instrumentally determined using a Konica Minolta colorimeter (Chroma meter CR-400, Osaka, Japan). *Longissimus dorsi* samples were introduced inside polyethylene bags and cooked in water bath until an internal temperature of 70°C was achieved. Six pieces of 1.27 cm diameter were removed from each steak parallel to the muscle fibre orientation and Warner-Bratzler shear force (WBSF, kgf) was measured perpendicularly to the muscle fibres using a Warner-Bratzler (D-2000, GR Electric Manufacturing Co., Manhattan, KS, USA) instrument. The portion of the raw steak not used for the WBSF measurements was kept frozen at -20°C for subsequent analysis.

Lipids extraction was carried out following the chloroform-methanol procedure according to Bligh and Dyer (1959). The fatty acids were methylated with cold methanolic potash (IUPAC, 1987). Fatty acids were analysed using a gas chromatograph (Konik HRGC 4000B, Barcelona, Spain) and separated using a 100-m SP 2560 capillary column (0.25 mm i.d. and 0.20 μ m film thickness, Supelco, Bellefonte, USA). Nitrogen was the carrier gas at a 1 ml/min flow rate. The injecting volume was 1 μ l and a detector flame ionization (FID) was used. For identification of maximum concentrations, a Supelco TM 37 Component FAME Mix pattern was used. Fatty acids were identified individually by comparison of retention times against standards (Sigma, St. Louis, MO; Supelco, Bellefonte, PA, USA). Fatty acids were expressed as percentages of the sum of all measured fatty acids.

3.3.4 Statistical analysis

All data was analysed using a general linear model of the statistical package Infostat, 2012 (Grupo InfoStat Professional, FCA, Universidad Nacional de Cordoba, Argentina). The model included ‘treatment’, ‘year’ and their interaction as fixed effects. For HCW, pre-slaughter BW was used as a covariate within the model, whereas the covariate used for analysing GR, leg, shoulder and frenched rack weight was HCW. Means were compared using Fisher’s test, which were considered significantly different when $P < 0.05$.

3.4 RESULTS

Pre-slaughter body weight was affected by treatment. Supplemented lambs were 16% heavier than CON lambs ($P < 0.01$), without any differences among supplemented treatments (Table 1). Hot carcass weight was lighter in CON lambs compared to 12 and 20CP groups ($P < 0.01$) and no differences were evidenced between supplemented lambs. Control and 12CP groups presented 22 and 13% lower GR, respectively, compared to 16CP lambs ($P < 0.01$). Carcass compactness index was 14% lower in CON lambs compared to supplemented animals ($P < 0.01$). No differences were found

between dietary treatments for leg, shoulder and frenched rack weights. No interaction was found between treatment and year for pre-slaughter BW, HCW, GR, pH, carcass compactness index, and shoulder, leg and frenched rack weights.

Table 1. Mean ($\pm$ SEM) values for pre-slaughter body weight (kg), hot carcass weight (kg), tissue depth at GR (mm) site, pH, carcass compactness index and shoulder, leg and frenched rack weight (kg) for each treatment

Parameter	Treatments				SEM
	CON	12CP	16CP	20CP	
Pre-slaughter body weight (kg)	38.8 ^b	44.1 ^a	44.9 ^a	45.8 ^a	0.66
Hot carcass weight (kg)	19.6 ^b	20.0 ^a	19.9 ^{ab}	20.1 ^a	0.14
GR (mm)	7.3 ^c	7.9 ^{bc}	8.9 ^a	8.4 ^{ab}	0.34
pH (24 h)	5.9 ^a	5.9 ^a	5.8 ^b	5.8 ^{ab}	0.03
Carcass compactness index	0.26 ^b	0.29 ^a	0.30 ^a	0.30 ^a	0.05
Shoulder (kg)	1.89	1.82	1.80	1.85	0.03
Leg (kg)	2.16	2.16	2.12	2.12	0.02
Frenched rack (kg)	0.44	0.43	0.44	0.44	0.04

CON, 12CP, 16CP and 20CP correspond to Control, 12% CP, 16% CP and 20% CP. Different letters within a row (^{a,b,c}) are significantly different ($P < 0.05$).

Warner-Bratzler shear force, L*, a* and b* parameters at day 5 of ageing were not affected by treatments. Interaction between treatment and year for L* measurements at day 5, were significant ($P < 0.05$). In 2013, 20CP presented the lowest L* compared to the rest of the treatments, while in 2015 and 2016 no differences between groups were found. Warner-Bratzler shear force, a* and b* parameters at day 10 of ageing were not affected by treatments. Lightness was greater in CON lambs compared to 20CP group, while the rest of the treatments presented similar values ($P < 0.05$) (Table 2). There was no interaction between treatment and year for shear force, L*, a* and b* values at day 10.

Table 2. Mean ($\pm$ SEM) Warner-Bratzler shear force (WBSF, kgf), lightness (L*), redness (a*), yellowness (b*) values at day 5 (Day 5) and day 10 (Day 10) of the *Longissimus dorsi* muscle of lambs for each treatment

Parameter	Treatments				SEM
	CON	12CP	16CP	20CP	
Day 5					
WBSF (kgf)	3.50	3.55	3.37	3.77	0.14
Lightness (L*)	36.0	35.4	35.9	35.2	0.26
Redness (a*)	18.7	19.0	19.3	19.2	0.23
Yellowness (b*)	6.15	6.38	6.55	6.26	0.15
Day 10					
WBSF (kgf)	2.77	2.81	2.73	3.03	0.08
Lightness (L*)	38.4 ^a	37.8 ^{ab}	38.0 ^{ab}	37.0 ^b	0.28
Redness (a*)	18.9	19.0	19.4	19.5	0.23
Yellowness (b*)	7.39	7.31	7.76	7.40	0.17

CON, 12CP, 16CP and 20CP correspond to Control, 12% CP, 16% CP and 20% CP. Different letters within a row (^{a,b}) are significantly different ($P < 0.05$).

Intramuscular fat content was affected by treatment, whereas there was no interaction between treatment and year. Control lambs presented approximately 4% less IMF than 16CP group ($P < 0.05$), while no differences were found among supplemented lambs (Table 3). Eicosapentaenoic (EPA), docosapentaenoic (DPA) and docosahexanoic acid (DHA) content was greater in CON lambs compared to supplemented groups, being similar among supplemented groups (Table 3). Both, n6/n3 ratio and PUFA/SFA ratio were affected by treatment. Control lambs presented approximately between 30 and 50% lower n6/n3 ratio than supplemented groups ($P < 0.05$), while 12 and 16CP groups presented no differences.

Table 3. Mean ($\pm$ SEM) intramuscular fat content (%) and fatty acid composition (%) of the *Longissimus dorsi* muscle of lambs for each treatment

Parameter	Treatments				SEM
	CON	12CP	16CP	20CP	
Intramuscular fat (%)	4.1 ^b	4.7 ^{ab}	4.9 ^a	4.6 ^{ab}	0.16
14:0 <i>myristic</i>	2.00 ^a	1.89 ^{ab}	1.89 ^{ab}	1.81 ^b	0.05
16:0 <i>palmitic</i>	23.9 ^b	24.7 ^a	24.7 ^a	24.5 ^{ab}	0.21
18:0 <i>stearic</i>	18.8	18.3	18.4	19.0	0.30
20:0 <i>arachidic</i>	0.10	0.08	0.08	0.09	0.01
14:1 <i>myristoleic</i>	0.28	0.29	0.25	0.27	0.02
16:1 <i>palmitoleic</i>	2.11	2.01	2.05	2.00	0.04
18:1 <i>oleic</i>	45.5	46.1	46.0	45.6	0.28
18:2 <i>n-6 linoleic</i>	3.05	3.10	3.03	3.31	0.10
18:3 <i>n-6 linolenic</i>	0.06	0.05	0.06	0.06	0.03
18:3 <i>n-3 linolenic</i>	0.97 ^a	0.80 ^b	0.76 ^b	0.74 ^b	0.03
CLA	0.95 ^a	0.81 ^b	0.88 ^{ab}	0.91 ^a	0.02
20:2 <i>n-6 eicosadienoic</i>	0.07	0.06	0.07	0.05	0.01
20:3 <i>n-3 ETE</i>	0.26 ^a	0.23 ^{ab}	0.20 ^b	0.19 ^b	0.01
20:3 <i>n-6 DGLA</i>	0.07	0.06	0.06	0.06	0.01
20:4 <i>n-6 arachidonic</i>	0.70	0.73	0.72	0.80	0.04
20:5 <i>n-3 EPA</i>	0.59 ^a	0.40 ^b	0.37 ^b	0.35 ^b	0.02
22:5 <i>n-3 DPA</i>	0.51 ^a	0.39 ^b	0.40 ^b	0.36 ^b	0.02
22:6 <i>n-3 DHA</i>	0.11 ^a	0.08 ^b	0.07 ^b	0.06 ^b	0.01
n6/n3 ratio	1.8 ^c	2.3 ^b	2.4 ^b	2.7 ^a	0.07
PUFA/SFA ratio	0.17 ^a	0.15 ^{ab}	0.15 ^b	0.15 ^{ab}	0.04

CON, 12CP, 16CP and 20CP correspond to Control, 12% CP, 16% CP and 20% CP.

Different letters within a row (^{a,b}) are significantly different ($P < 0.05$). CLA: conjugated linoleic acid; ETE: eicosatrienoic acid; DGLA: dihomo-gamma-linolenic acid; EPA: eicosapentaenoic acid; DPA: docosapentaenoic acid; DHA: docosahexanoic acid; PUFA/SFA: polyunsaturated fatty acids/saturated fatty acids ratio.

3.5 DISCUSSION

This experiment evaluated the consequences of energy supplementation with increasing CP levels in lambs grazing native pastures during the early rearing period after weaning, with subsequent similar fattening conditions, on hot carcass weight, fat thickness, pH, weight of carcass cuts, shear force, meat colour and fatty acid composition parameters. The hypothesis that altering nutrition during the early rearing

phase after weaning would affect carcass and meat quality after fattening was confirmed. Regarding to carcass components, using supplements during the early rearing phase enhanced both fat thickness and compactness index, without any effect on the weight of carcass cuts. Supplements with 12 and 20CP allowed an increase in hot carcass weight regardless of the slaughter weight. Using supplements during the early rearing phase modified the fatty acid profile of IMF leading to a lower concentration of n-3 PUFA which resulted in a greater n6/n3 ratio, without relevant differences in pH, Warner-Bratzler shear force and meat colour parameters.

Light to moderate feed restrictions may modify body and carcass composition (Aberle *et al.*, 2012). In the present study, considering slaughter weight as a covariate, the use of 12 and 20CP supplements during the early rearing phase allowed an increase of 2.3% (450 g) in HCW of 12 and 20CP groups compared to control lambs. According to Gerrard and Grant, (2006), this finding could be explained by changes in carcass composition (bone, meat and fat) when animals undergo a feed restriction period. In addition, after feed restrictions, increasing energy levels in the diets during the finishing phase could lead to greater fat deposition (Ebrahimi *et al.*, 2007). In the present experiment, the use of supplements during the early rearing phase resulted in an increase of approximately 15% in fat thicknesses at slaughter, regardless of carcass weight, which can explain the different carcass yield achieved between supplemented (12 and 20CP) and control lambs (data not shown). This result is supported by other authors that found a greater fat deposition in *ad libitum* fed lambs compared to those fed with a restricted diet followed by a re-alimentation period (Sami *et al.*, 2013; Abouheif *et al.*, 2013; 2015). Using supplements during the early rearing phase in lambs grazing native pastures modified carcass yield and fat thickness, regardless of slaughter weight.

High-value meat cuts weight may be enhanced with increasing slaughter and carcass weight (Majdoub-Mathlouthi *et al.*, 2013; Parilo *et al.*, 2007). In the present study, the carcass compactness index among the supplemented lambs presented the same pattern as observed in slaughter and carcass weight traits. These results are supported by previous research, which report that carcass composition is only slightly affected by the feeding system when lambs are fed with similar energy intake (Murphy

et al., 1994). Additionally, lambs reared in different feeding system (grazing or indoor conditions) but keeping both similar growth rate and same slaughter weight, did not present differences in carcass compactness index (Cañeque *et al.*, 2003). In our study, control lambs presented the lowest carcass compactness index which could be explained by their lower BWG during a phase of potential rapid growth like the post-weaning period. This agrees with previous studies where lambs grazing native pastures presented both lower BWG (90 vs. 148 g) and lower compactness index (0.13 vs. 0.16) compared to supplemented lambs (Freitas *et al.*, 2008). Lambs fed exclusively on native pastures during the early post-weaning phase may not achieve their potential growth, compromising muscle accretion and therefore negatively affecting carcass compactness. Nevertheless, the weight of carcass cuts presented a little scope for modification through nutrition during the first 3 months post-weaning.

Meat colour may be affected by body weight, intramuscular fat and final meat pH (Khliji *et al.*, 2010; Priolo *et al.*, 2001). In our study, supplemented animals were 18% heavier than control lambs, but this was not enough to modify meat redness (a^*) index. This is in accord with previous studies that evaluated the effect of slaughter weight on meat colour in lambs, finding that differences of approximately 30% in slaughter BW did not affect the redness (a^*) index (Teixeira *et al.*, 2005). Nonetheless, unlike our study, lighter lambs presented greater meat yellowness (b^*) and lower lightness (L^*) indexes (Teixeira *et al.*, 2005). On the other hand, fat is lighter than muscle and therefore a greater IMF could lead to an increased lightness (L^*) value (Priolo *et al.*, 2001). In our experiment, the use of supplements with 16% CP achieved an increase of approximately 20% IMF compared to unsupplemented lambs. However, this was not associated with modifications of meat colour. Meat lightness (L^*) index of lambs raised on pastures, or even with concentrates, may be influenced by final pH, where higher values lead to darker colours (Ledward *et al.*, 1986). In this work, 12CP and control lambs had higher final pH than the 16CP group, but we did not find any association with meat colour, which could be explained by the fact that pH variations were almost negligible (5.8 – 5.9). Modifications of nutrition during early rearing, through the addition of energetic supplements with different CP levels did not affect meat colour after at least three months of fattening on improved pastures.

Tenderness is one of the most important organoleptic traits determining meat quality (Jurie *et al.*, 2007) and is more related to breed or age than to production systems (Sañudo *et al.*, 2000). The slaughter age effect on meat tenderness was not evaluated in this study since all animals were slaughtered at the same time (average weight 43 kg). However, meat tenderness can be associated with an increase in carcass fatness either directly through its intramuscular fat or indirectly reducing muscle shorting during carcass cooling (Priolo *et al.*, 2002). In the present study, although in some cases there were differences in the subcutaneous and intramuscular fat, these did not affect WBSF values. This agrees with previous studies in which no differences were found in meat tenderness between lambs at eight months of age grazing low quality pastures that were fed with different levels of crude protein (13, 15, 17 and 19%), when slaughtered at the same date but with different final BW (Gómez Vázquez *et al.*, 2011). Accordingly, post-weaned lambs fed on pasture and *ad libitum* concentrate (17% CP and 2.9 Mcal/kg DM) compared with pasture only (65% digestibility and 2.3 Mcal/kg DM) presented similar meat tenderness when they were slaughtered at the same final BW (Jacques *et al.*, 2016). In these studies, as in ours, all treatments presented shear force values within the range that is acceptable for consumers (5 kgf or less) (Miller *et al.*, 2001). Using supplements with different CP levels during the early rearing phase in lambs grazing native pastures followed by a fattening period using improved pastures did not affect meat tenderness.

Human health can be affected by the fat content of the diet, specifically high saturated fatty acids (SFA) and low PUFA diets increase the risk of coronary heart disease (Keys, 1970). As opposed to non-ruminants, ruminants hydrogenate dietary unsaturated fatty acids in the rumen which leads to a higher SFA content and a lower PUFA/SFA ratio in their intramuscular fat (French *et al.*, 2000). According to UK's Department of Health (1994), the recommended ratio of PUFA/SFA should be higher than 0.45. In the current study, all treatments presented lower PUFA/SFA ratios than the recommended threshold value with no differences among them, except for control treatment versus 16CP lambs, being more favourable for animals fed exclusively on pastures. On the other hand, ruminant fats are considered a rich natural source of conjugated linoleic acid (CLA) (French *et al.*, 2000), and this compound has been

associated with positive anticancer, antidiabetic and antiadipogenic effects in humans (Raes *et al.*, 2004). In our study, control animals presented a greater CLA concentration compared to 12CP animals, but no differences were found among CON, 16 and 20CP lambs. The use of supplements for approximately 3 months during the early rearing phase in lambs grazing native pasture, did not lead to relevant changes in either the amount of beneficial fatty acids for human health or in their ratios at the time of slaughter.

The feeding management has influence on the fatty acid composition of the intramuscular fat (Aurousseau *et al.*, 2004; Jacques *et al.*, 2016; Montossi *et al.*, 2013). Feeding forage increases the n-3 PUFA content in the meat of ruminants because grass is a natural source of C18:3 n-3 fatty acid (Lourenço *et al.*, 2008). In our study, lambs fed exclusively on pastures during rearing and fattening had greater n-3 PUFA proportion and similar n-6 PUFA concentration compared with lambs on pasture plus supplements post-weaning. This result agrees with other studies where grass fed lambs presented high n-3 PUFA concentration (Fisher *et al.*, 2000; Majdoub-Mathlouthi *et al.*, 2015). The n-3 fatty acids especially eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5 n-3) and docosahexaenoic acid (DHA, 22:6 n-3), are important in the prevention of cardiovascular diseases and the promotion of human health (Jung *et al.*, 2008). Additionally, the n-6 and n-3 fatty acids balance is very important for the homeostasis and the optimal n-6/n-3 ratio varies from 1/1 to 4/1 (Simopoulos, 2002). In this study, although all treatments were within this recommend range, the n-6/n-3 ratio was more favourable (1.8/1) for lambs fed exclusively on native pastures, while among the supplemented groups 20CP animals presented the greatest value (2.7/1). The fatty acid profile of IMF in grazing lambs is affected by the supplementation even when it is applied during an early rearing phase (at least 3 months before the slaughter).

3.6 CONCLUSION

Using energetic supplementation with different protein contents (12, 16 and 20%) in grazing lambs during early rearing followed by a common fattening period on annual winter crops modified the carcass traits and meat fatty acid composition,

without any effects on meat colour and WBSF. The carcass of lambs fed exclusively on pastures had lower fat levels and the meat presented a greater n-3 PUFA concentration. However, the magnitude of these changes found is of little productive, commercial and human health relevance, indicating an important scope for increasing productivity by strategic supplementing during the early post weaning period without losing the advantages of producing healthy and tender lamb meat in grazing production systems.

3.7 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the assistance of all staff of Glencoe Experimental Unit and INIA Tacuarembó Meat Technology Laboratory as well as help from Fiorella Cazzuli during the preparation of this article.

3.8 REFERENCES

- Aberle, E., Forrest, J., Gerrard, D., Mills, E., 2012. Principles of Meat Science. 5th Ed. Kendall Hunt publishing. USA, p 59.
- Abouheif, M., Al-Sornokh, H., Swelum, A., Yaqoob, H., Al-Owaimer, A., 2015. Effect of different feed restriction regimens on lamb performance and carcass traits. R. Bras. Zootec. 44, 76-82.
- Abouheif, M., Al-Owaimer, A., Kraidees, M., Metwally, H., Shafey, T., 2013. Effect of restricted feeding and realimentation on feed performance and carcass characteristics of growing lambs. R. Bras. Zootec. 42, 95-101.
- Al-Selbood, BA., 2009. Effect of feeding program on performance and carcass characteristics of Najdi lambs. PhD thesis. King Saud University, Saudi Arabia.
- Aurousseau, B., Bauchart, D., Calichon, E., Micol, D., Priolo, A., 2004. Effect of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipids and their fatty acids in the muscle Longissimus thoracis of lambs. Meat Sci. 66, 531-541.

- Bligh, EG., Dyer, WJ., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. and Physiol.* 37, 911-917.
- Cañeque, V., Velasco, S., De Huidobro, F., Pérez, C., Lauzurica, S., 2003. Use of whole barley with a protein supplement to fatten lambs under different management systems and its effect on meat and carcass quality. *Anim. Res.* 52, 271-285.
- Celada, P., Delgado-Pando, G., Olmedilla-Alonso, B., Jiménez-Colmenero, F., Ruperto, M., Sánchez-Muniz, F., 2015. Impact of improved fat-meat products consumption on anthropometric markers and nutrient intakes of male volunteers at increased cardiovascular risk. *Nutri. Hosp.* 32, 710-721.
- Department of Health., 1994. Report on health and social subjects. N° 46. Nutritional aspects of cardiovascular disease. HMSO, London, pp. 1-186.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C., 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA. Argentina. Universidad Nacional de Córdoba.
- Ebrahimi, R., Ahmadi, H., Zamiri, M., Rowghani, E., 2007. Effect of energy and protein levels on feedlot performance and carcass characteristics of Mehraban ram lambs. *Pak. J. Biol. Sci.* 15, 1679-1684.
- Fisher, A., Enser, M., Richardson, R., Wood, J., Nute, G., Kurt, E., Wilkinson, R., 2000. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed $\times$ production systems. *Meat Science.* 55, 141-147.
- Freitas Dantas, A., Pereira Filho, J., De Azevedo Silva, A., Mamede dos Santos, E., De Sousa, B., Fontes César, M., 2008. Carcass characteristics of Santa Inês sheep finished in grazing and submitted to different levels of supplementation. *Ciência e Agrotecnologia.* 32, 1280-1286.
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'riordan, EG., Monahan, FJ., Caffrey, PJ., Moloney, AP., 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J. Anim. Sci.* 78, 2849-2855.
- Gerrard, D., Grant, A., 2006. Principles of animal growth and development. Kendall Hunt publishing. Dubuque, p. 205.

- Givens, D., Kliem, K., Gibbs, R., 2006. The role of meat as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Sci.* 74, 209-218.
- Gómez Vázquez, A., de la Cruz-Lazaro, E., Pinos-Rodriguez, J., Guerrero-Lagarreta, I., Plascencia-Jorquera, A., Joaquín-Torres, B., 2011. Growth performance and meat characteristics of hair lambs grazing stargrass pasture without supplementation or supplemented with concentrate containing different levels of crude protein. *Acta Agriculturae Scandinavica A: Anim. Sci.* 61, 115-120.
- Higgs, J., 2000. The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends Food Sci Technol.* 11, 85-95.
- IUPAC., 1987. Preparation of the fatty acid methyl ester. *Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives*. 7th Ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford, pp. 2-301.
- Jacques, J., Chouinard, P., Gariépy, C., Cinq-Mars, D., 2016. Meat quality, organoleptic characteristics, and fatty acid composition of Dorset lambs fed different forage to concentrate ratios or fresh grass. *Can. J. Anim. Sci.* 97, 290-301.
- Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., Cofrades, S., 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci.* 59, 5-13.
- Jung, U., Torrejon, C., Tighe, A., Deckelbaum, R., 2008. n-3 Fatty acids and cardiovascular disease: mechanisms underlying beneficial effects. *The Am. J. Clin. Nutr.* 87, 2003-2009.
- Jurie, C., Picard, B., Hocquette, J., Dransfield, E., Micol, D., Listrat, A., 2007. Muscle and meat quality characteristics of Holstein and Salers cull cows. *Meat Sci.* 77, 459-466.
- Keys, A., 1970. Coronary heart disease in seven countries. *Circulation.* 41: 186-195.
- Khlijji, S., Van de Ven, R., Lamb, T., Lanza, M., Hopkins, D., 2010. Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour. *Meat Sci.* 85, 224-229.
- Kirton, AH., 1989. Principles of classification and grading. In: *Meat production and processing*. New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 11, 143-158.

- Ledward, D., Dickinson, R., Powell, V., Shorthose, W., 1986. The colour and colour stability of beef Longissimus dorsi and Semimembranosus muscles after effective electrical stimulation. *Meat Sci.* 16, 245-265.
- Lourenço, M., Van Ranst, G., Vlaeminck, B., De Smet, S., Fievez, V., 2008. Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 145, 418-437.
- Majdoub-Mathlouthi, L., Saïd, B., Kraiem, K., 2015. Carcass traits and meat fatty acid composition of Barbarine lambs reared on rangelands or indoors on hay and concentrate. *Animal.* 9, 2065-2071.
- Majdoub-Mathlouthi, L., Saïd, B., Say, A., Kraiem, K., 2013. Effect of concentrate level and slaughter body weight on growth performances carcass traits and meat quality of Barbarine lambs fed oat hay based diet. *Meat Science.* 93, 557-563.
- Miller, M., Carr, M., Ramsey, C., Crockett, K., Hoover, L., 2001. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *J. Anim. Sci.* 79, 3062-3068.
- Montossi, F., Font-i-Furnols, M., Del Campo, M., San Julián, R., Brito, G., Sañudo, C., 2013. Sustainable sheep production and consumer preference trends: Compatibilities, contradictions, and unresolved dilemmas. *Meat Sci.* 95, 772-789.
- Murphy, T., Loerch, S., McClure, K., Solomon, M., 1994. Effects of restricted feeding on growth performance and carcass composition of lambs. *J. Anim. Sci.* 72, 3131-3137.
- Owens, F., Gardner, B., 1999. Ruminant nutrition and meat quality. 52nd Annual Reciprocal Meat Conference Proceeding. *Am. Meat Sci. Assoc.* 52, 25-36.
- Pálsson, H., 1939. Meat qualities in the sheep with special reference to Scottish breeds and crosses. *J. Agr. Sci.* 29, 544-626.
- Parilo, J., Wells, G., Compos, J., Martínez, A., 2007. Composición de canales de corderos Suffolk de la zona centro sur de Chile, sacrificados a 15, 25 y 35 kg de peso vivo. XXX Reunión ALPA, Cusco, Perú. 274-275.
- Perlo, F., Bonato, P., Teira, G., Tisocco, O., Vicentin, J., Pueyo, J., Mansilla, A., 2008. Meat quality of lambs produced in the Mesopotamia region of Argentina finished on different diets. *Meat Sci.* 79, 576-581.

- Piaggio, L., 2014. Suplementación de la recría y engorde de ovinos sobre campo natural. Seminario de actualización técnica Producción de Carne Ovina de Calidad. En: Saravia, H., Ayala, W., Barrios, E. (Eds.). Seminario de Actualización técnica: producción de carne ovina de calidad. INIA. (Serie Técnica; 221). Montevideo, pp. 45-54.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., Prache, S., Dransfield, E., 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Sci.* 62, 179-185.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Anim. Res.* 50, 185-200.
- Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D., 2004. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 113, 199-221.
- Ramos, Z., De Barbieri, I., Van Lier, E., Montossi, F., 2018. Body and wool growth of lambs on native pastures are improved using energetic supplementation with different protein levels. VI Congreso AUPA - Asociación Uruguaya de Producción Animal. Tacuarembó, p. 59.
- Sami, A., Shafey, T., Abouheif, M., 2013. Growth rate of carcass, non-carcass and chemical components of restricted fed and realimented growing lambs. *Int. J. Agric. Biol.* 15, 307-312.
- Sañudo, C., Alfonso, M., Sánchez, A., Delfa, R., Teixeira, A., 2000. Carcass and meat quality in light lambs from different fat classes in the EU carcass classification system. *Meat Sci.* 56, 89-94.
- Simopoulos, A., 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother.* 56, 365-379.
- Teixeira, A., Batista, S., Delfa, R., Cadavez, V., 2005. Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. Influence of breed, sex and live weight. *Meat Sci.* 71, 530-536.

4. DISCUSIÓN GENERAL

Se confirmó la hipótesis de que el uso de suplementos energéticos con niveles crecientes de proteína (12, 16 y 20%) en corderos recriados sobre pasturas nativas, mejora de forma diferencial su crecimiento y producción de lana, y luego de una etapa de engorde sobre pasturas cultivadas, el valor nutritivo de la carne no se ve afectado desfavorablemente. Con respecto a las evaluaciones realizadas en la fase de recría (enero – abril), el uso de suplementos logró aumentar peso vivo, ganancia diaria de peso, condición corporal y producción de lana de los corderos, registrándose los máximos niveles en los animales alimentados con suplementos de 16 y 20% de PC. Luego de la etapa de engorde sobre pasturas cultivadas (abril – julio), aquellos corderos que habían sido suplementados durante la etapa de recría post destete generaron canales más pesadas con un mayor espesor de grasa subcutánea y un mayor índice de compacidad, sin cambios en el peso de los cortes valiosos, al considerar igual peso de faena. Con respecto a la calidad de carne, el uso de suplementos durante la recría resultó en una menor concentración de ácidos grasos polinsaturados (AGPI) n-3, lo cual generó una mayor relación n6/n3, sin efectos relevantes en pH, fuerza de corte y color de la carne.

El peso vivo al destete y la posterior velocidad de crecimiento influyen en la tasa de mortalidad de los corderos, siendo ésta mayor cuando los corderos se destetan con menos de 20 kg (Campbell *et al.*, 2009; Thompson *et al.*, 2011). El menor peso vivo al momento del destete reduce la capacidad de los animales de enfrentar situaciones de estrés nutricional debido a una menor reserva energética (Allden, 1970; Doyle y Egan, 1983). En el presente trabajo, el promedio de peso de los corderos al destete fue de aproximadamente 24 kg, lo cual podría haber contribuido positivamente en su desempeño y tasa de supervivencia. Por otra parte, menores tasas de crecimiento en el período post destete también han sido asociadas a una mayor tasa de mortalidad de corderos (Campbell *et al.*, 2009). Por ejemplo, corderos con ganancias de peso menores a 33 g/a/día durante los primeros 5 meses post destete tuvieron un mayor riesgo de mortandad comparado con aquellos que experimentaron mayores tasas de crecimiento durante el mismo período (Campbell *et al.*, 2009). En esta tesis, el uso de

suplementos energético-proteicos durante los primeros 3 meses post destete en corderos sobre pasturas nativas permitió incrementar 2,8 veces la tasa de ganancia de peso y 0,7 unidades la condición corporal con respecto a los animales alimentados exclusivamente con pasturas nativas. Se considera que esta estrategia podría ser de gran impacto en los sistemas de producción, principalmente con los corderos de menor peso al momento del destete.

La tasa de crecimiento en corderos sobre pasturas de baja calidad (nativas o sembradas) sin suplemento son inferiores a 70 g/a/d (Gómez Vázquez *et al.*, 2011; Piaggio, 2013). En concordancia con estos resultados, en este estudio, los corderos alimentados exclusivamente en base a pasturas nativas experimentaron una tasa de ganancia de peso inferior a 50 g/a/d y la incorporación de suplementos energético-proteicos logró incrementar la misma a valores cercanos a 130 g/a/d. Esta tasa de crecimiento en corderos suplementados (130 g/a/d) es inferior a lo reportado cuando se utilizaron dietas con un contenido energético de 2,5 Mcal/kg MS y entre 10 y 18% de proteína cruda en animales estabulados (Haddad *et al.*, 2001, Capítulo I, Cuadro 4). Previamente (Capítulo II), se mencionó al sistema de producción (pastoreo vs. estabulado) como uno de los factores que podría explicar la menor respuesta productiva de los corderos en pastoreo. En forma adicional, la característica del alimento ofrecido puede estar condicionado la ganancia de peso de los animales (Montossi *et al.*, 2000). Las pasturas nativas están constituidas fundamentalmente por gramíneas, las cuales se caracterizan por ser más largas y de menor gravedad específica que las leguminosas, y por ende su tasa de pasaje en el tracto digestivo es más lenta (Barahona y Sánchez, 2005). A diferencia de esta tesis, en trabajos internacionales (Capítulo I, Cuadro 4), el aporte de fibra (entre 12 y 35% de la dieta) fue a partir de fardos de leguminosas (alfalfa) o gramíneas sembradas (avena, trigo) lo cual no solo podría implicar diferencias en el valor nutritivo del alimento (digestibilidad, energía, degradabilidad de la proteína) sino también en el tiempo de retención de éste a nivel ruminal. De acuerdo con los resultados reportados (Capítulo II), el uso de suplementos energéticos (2,9 Mcal/kg MS) con al menos 12% de PC permite lograr ganancias cercanas a 130 g/a/d.

Dentro de los grupos suplementados, en las variables peso vivo final y ganancia de peso se observó una interacción tratamiento-año, donde las significancias entre tratamientos fueron diferentes en 2015 respecto al 2013 y 2016 (Anexos). Esta diferencia en la respuesta podría explicarse por factores relacionados con la dieta ofrecida y/o los animales utilizados. Con respecto a la dieta, el tipo de suplemento y la disponibilidad y calidad del forraje ofrecido en cada tratamiento fueron similares entre años. En cuanto a los animales utilizados, en el año 2015 los corderos eran de mayor edad (5 vs 4 meses) que en 2013 y 2016. Adicionalmente, en 2015 la ganancia de peso de los corderos durante la lactancia y previo al inicio del experimento fue menor que la obtenida en 2013 y 2016 (100 g/a/d vs 186 y 175 g/a/d, respectivamente) (Anexos). Cambios en la tasa de crecimiento de los corderos (4 meses de edad) pueden afectar el tamaño de los órganos digestivos (estómago, intestino e hígado) modificando los requerimientos energéticos de mantenimiento y por lo tanto la respuesta productiva de los animales (Burrin et al., 1990). Considerando este aspecto, es posible que en 2015 la respuesta de los corderos estuviera condicionada por su historia nutricional previa, lo cual podría explicar - al menos en parte - la interacción tratamiento año para las variables peso vivo y ganancia de peso.

El crecimiento de la lana está determinado por el número de folículos productores de fibra y la tasa de crecimiento de cada fibra. Ambos factores pueden ser modificados por la disponibilidad de nutrientes (Black y Reis, 1979). En el presente trabajo y de acuerdo con la estimación de consumo realizada (Capítulo II, Cuadro 2), un aumento en el consumo de proteína cruda de 90 a 180 g/día con un nivel de energía en la dieta de 3,2 a 3,6 Mcal/día permitió incrementar hasta un 52% la producción de lana. En previos estudios, ovejas consumiendo 1,2 Mcal/día de EM, una variación en el consumo de proteína de 20 a 80 g/día permitió aumentar el crecimiento de lana de 2,3 a 9 g/a/d (Black *et al.*, 1973). Por otra parte, en ovejas consumiendo 100 g de PC/día, un cambio de energía de 0,7 a 2,4 Mcal/día permitió incrementar un 52% el crecimiento de lana (7,3 a 11,1 g/a/d), logrando la mayor producción cuando la relación proteína/energía fue de 42 g/Mcal (Black *et al.*, 1973). En el presente estudio, el mayor crecimiento de lana se alcanzó cuando el consumo de proteína y energía estimado fue de 180 g y 3,6 Mcal, respectivamente, resultando en una relación

proteína/energía de 50 g/Mcal. El diámetro de la fibra es el factor más importante en la determinación del precio de la lana vellón (Nolan, 2014). En este estudio, el diámetro de la lana de los corderos que no recibieron suplemento fue en promedio 2 micras inferior a aquellos suplementados. Sin embargo, y en acuerdo con previos reportes (Pérez *et al.*, 2017) esta reducción en el diámetro de la fibra posiblemente esté asociada a una nutrición inadecuada, lo cual podría afectar negativamente la resistencia a la tracción de esas lanas. A partir de los resultados del presente trabajo, el uso de suplementos energéticos con al menos 12% de PC en corderos pastoreando en pasturas nativas permitió incrementar un 35% el crecimiento de la lana, logrando los mayores niveles de crecimiento cuando se utilizaron suplementos con 20% de PC. El mayor crecimiento de lana durante el período estival en los animales suplementados se tradujo en un incremento de aproximadamente 25% en la producción de lana al primer vellón (Anexos).

En corderos alimentados con pasturas nativas, las bajas ganancias de peso estivo-otoñales implican que al inicio del invierno y/o primavera los animales pesen en promedio entre 22 y 26 kg (Capítulo I, Cuadro 5). Esto significa que durante los primeros 5 meses post destete, una proporción de los animales se encuentra con pesos y tasas de crecimiento que pueden afectar desfavorablemente su supervivencia (Campbell *et al.*, 2009). Además, durante este período (enero – mayo) los sistemas de producción deben destinar recursos alimenticios y humanos, así como productos farmacológicos (vacunas y antiparasitarios) a una categoría de muy bajo desempeño productivo (carne y lana). El presente estudio indica que el uso de suplementos energético-proteicos en corderos post destete permitió mejorar la tasa de crecimiento, alcanzando el peso de faena (43 kg promedio) a los 8 – 9 meses de vida. Esta reducción de la edad de faena permitiría liberar áreas de pastoreo para otra categoría o especie por un período de aproximadamente 4 meses (julio-octubre), así como también mejorar la respuesta inmune frente a potenciales afecciones de nematodos gastrointestinales y reducir la tasa de mortalidad post destete (Strain y Stear, 2001; Thomson *et al.*, 2011). Por otra parte, para aquellos sistemas ovinos con énfasis en producción de lanas finas y superfinas, el presente estudio brinda una alternativa de alimentación que permite

incrementar la producción de la lana de mayor valor (primer vellón) y la calidad de la ésta, por ejemplo, a través de una mejora en la resistencia y el largo de la mecha.

La relevancia de la calidad de la canal y de la carne es diferente de acuerdo con el eslabón de la cadena cárnica que se considere (Bianchi, 2007). En términos generales, la calidad de la canal tiene una mayor relevancia para los ganaderos, los industriales y los comerciantes, mientras que la calidad de la carne tiene mayor impacto en los consumidores e industriales (Sañudo, 1992). Con respecto a la canal, cambios en la curva de crecimiento provocados por alteraciones en el plano nutricional pueden resultar en modificaciones en la composición corporal (hueso, músculo, grasa) (Gerrard y Grant, 2006). En este estudio, aun considerando al peso de faena como covariable, se registraron diferencias en la conformación (índice de compacidad) y el contenido de grasa subcutánea a favor de los animales suplementados. El menor índice de compacidad de la canal en los corderos criados sobre pasturas nativas sin suplementación podría estar explicado por las menores tasas de crecimiento durante el período post destete, lo cual también fue reportado por otros autores (Freitas *et al.*, 2008). Por lo tanto, el uso de suplementos energético-proteicos permitió mejorar características de la canal que resultan relevantes para el sector primario y la industria.

La terneza y el color de la carne son características importantes para los consumidores (Albertí *et al.*, 2005; Brito *et al.*, 2002). En el presente trabajo, el tipo de alimentación no afectó la fuerza de corte de la carne lo cual coincide con otros autores que indican que, en corderos menores a 12 meses, diferencias de 27 a 46% y de 3 a 15% en la tasa de crecimiento y peso vivo a la faena, respectivamente, no generaron cambios en esta característica (Capítulo I, Cuadro 6). Tanto el peso vivo a la faena como el contenido de grasa intramuscular podrían afectar el color de la carne (Priolo *et al.*, 2001). En este experimento, a pesar de registrarse diferencias en ambas características no se observaron cambios relevantes en el color de la carne. La incorporación de suplementos energético-proteicos al 2% del peso vivo durante un período de aproximadamente 3 meses en corderos post destete, mantiene los atributos de fuerza de corte y color de la carne de los animales alimentados exclusivamente en base a pasturas.

En cuanto al valor nutritivo de la carne, los ácidos grasos considerados más beneficiosos para la salud humana son los AGPI, especialmente los de la serie omega-3 (Williams, 2000). El perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular puede ser modificado por el sistema de producción sobre el cual se crían los animales (Jacques *et al.*, 2016; Majdoub-Mathlouthi *et al.*, 2015). Los rumiantes alimentados en base a forrajes producen una carne con un mayor contenido de AGPI n-3 debido a que las pasturas son una fuente natural de C18:3 n-3 (Lourenço *et al.*, 2008). Por su parte, la carne de los corderos terminados en condiciones de confinamiento y alimentados con concentrados posee una menor relación AGPI/AGS y una mayor relación n6/n3, comparados con aquellos terminados en pastoreo (Wood *et al.*, 2008). La relación de ácidos grasos n6/n3 de la carne proveniente de corderos en pastoreo alimentados exclusivamente con forraje, fue aproximadamente 4 veces menor (2,75 vs. 10,75) que la obtenida en animales en condiciones de confinamiento alimentados con una dieta alta en concentrados (84%) (Silveira, 2009). En el presente trabajo, si bien se presentaron diferencias en el perfil de ácidos grasos a favor de los animales no suplementados, en todos los corderos las relaciones de ácidos grasos n-6/n-3 estuvieron por debajo del límite superior recomendado para la salud humana (Simopoulos, 2002).

En condiciones de pastoreo extensivo, la respuesta productiva de los corderos es multifactorial resultando muy complejo aislar los efectos de cada uno de los factores que están interviniendo. A pesar de que la información recabada en este trabajo puede ser de gran utilidad tanto desde el punto de vista productivo como académico, se entiende que con el objetivo de mejorar la interpretación de los resultados de la suplementación energético-proteica en animales en pastoreo y enriquecer la discusión, hubiera sido importante contar con información detallada sobre la representación porcentual de los ingredientes utilizados en la formulación de los tres tipos de suplementos utilizados (12, 16 y 20% PC). Con esta información y conociendo la degradabilidad ruminal de la proteína de cada ingrediente, es posible estimar tanto la cantidad de proteína degradable en rumen como la sobrepasante y así analizar el desempeño de los animales a partir de la proteína metabolizable disponible a nivel intestinal. Este aspecto es relevante ya que, la eficiencia de la producción de proteína

metabolizable depende, por lo menos en parte, del tipo de proteína suministrada en la dieta. Adicionalmente, la concentración de algunos aminoácidos azufrados difiere según el tipo de proteína, lo cual podría afectar la producción de lana de los animales.

Dentro de las variables a incluir en los protocolos experimentales se sugieren: estimar y discriminar el consumo de forraje y suplemento, lo cual permitiría conocer el grado de sustitución de forraje por suplemento y por ende evaluar la contribución y el impacto de este último. También sería importante conocer el contenido proteico y energético del alimento consumido, la función ruminal (tasa de pasaje, producción de proteína microbiana, concentración de ácidos grasos volátiles y pH en rumen) y las salidas de nutrientes (ej.: N en heces, orina, lana, peso vivo) lo cual permitiría comprender el mecanismo por el cual los suplementos de diferentes niveles de proteína pueden afectar la respuesta animal. Además, realizar un monitoreo continuo (24 h) de las actividades de pastoreo permitiría estimar el gasto energético de cosecha y cómo este impacta en los requerimientos. Contar con esta información contribuiría a identificar los principales factores que limitan la producción de los corderos en pastoreo y concentrar esfuerzos sobre aquellos que tengan un mayor impacto a mediano y largo plazo.

En cuanto a la segunda fase del estudio, en el presente diseño experimental todos los animales se faenaron en la misma fecha, la cual fue establecida en función del peso promedio de todo el lote. Sin embargo, los animales suplementados durante la recría, al momento de la faena pesaban en promedio 18% más que aquellos no suplementados. Este aspecto es relevante ya que, en animales en crecimiento, el consumo de energía es destinado fundamentalmente a la producción de músculo hasta un punto donde éste se maximiza y parte de la energía es depositada en forma de grasa. Ésta contiene más energía que la proteína, por lo cual los requerimientos energéticos por cada unidad de aumento de peso se incrementan con el aumento de la deposición de grasa (Gerrard y Grant, 2006). Mantener animales que ya poseen la cobertura de grasa requerida para la faena, resulta en un alto costo energético y por ende en una práctica ineficiente para los sistemas de producción. Por lo tanto, y a nivel experimental, sería interesante sacrificar parte de los animales y evaluar la calidad de la canal de los corderos una vez que logren el peso de faena, determinando así la edad al sacrificio para las diferentes

dietas. Esta información brindaría más elementos para evaluar la viabilidad y el impacto de las alternativas de alimentación tanto a nivel individual como en el sistema de producción.

5. CONCLUSIONES GLOBALES

El uso de suplementos energéticos con diferentes niveles de proteína cruda (12, 16 y 20%) mejoró la producción de carne y lana de los corderos recriados sobre pasturas nativas. Dentro de los grupos suplementados, la ración de 20% de PC permitió mejorar el peso vivo de los corderos respecto a aquellos suplementados con ración de 12% de PC. Sin embargo, no se registraron diferencias en la tasa de crecimiento entre los tres tipos de suplementos. La producción de lana aumentó en la media que se incrementó el contenido proteico de la dieta, logrando la mayor producción cuando se utilizó el suplemento con 20% de PC.

La suplementación de corderos sobre pasturas nativas durante los primeros 3 meses post destete, seguido de una fase de engorde sobre cultivos anuales invernales, permitiría reducir por lo menos 3 meses la edad de faena. Los corderos que fueron alimentados exclusivamente con pasturas (nativas en recría y sembradas en terminación) presentaron canales con menor contenido graso y generaron una carne con una mayor concentración de AGPI n-3 en la grasa intramuscular. Sin embargo, la magnitud de estos cambios resulta de escasa relevancia productiva e industrial, indicando que el uso de suplementos, por lo menos durante los primeros 3 meses post destete, permite mejorar la productividad de los animales, mantiene la producción de carnes tiernas sin afectar desfavorablemente su valor nutritivo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aberle E, Forrest J, Gerrard D, Mills E. 2012. Principles of Meat Science. 5th Ed. USA. Kendall Hunt publishing. 59 p.
- Abouheif M, Al-Sornokh H, Swelum A, Yaqoob H, Al-Owaimer A. 2015. Effect of different feed restriction regimens on lamb performance and carcass traits. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 44: 76-82.
- Abouheif M, Al-Owaimer A, Kraidees M, Metwally H, Shafey T. 2013. Effect of restricted feeding and realimentation on feed performance and carcass characteristics of growing lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 42: 95-101.
- AFRC (Agricultural and Food Research Council). 1993. Energy and protein requirements of Ruminants. Wallingford, UK. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. 102 p.
- Aguayo-Ulloa LA, Miranda-De La Lama GC, Pascual-Alonso M, Fuchs K, Olleta JL, Campo MM, Alierta S, Villarroel M, María, GA. 2013. Effect of feeding regime during finishing on lamb welfare, production performance and meat quality. *Small Ruminant Research*. 111: 147-156.
- Albertí P, Ripoll G, Casasús I, Blanco M, Chapullé JLG, Santamaría J. 2005. Efecto de la inclusión de antioxidantes en dietas de acabado sobre la calidad de la carne de terneros. *Información Técnica Económica Agraria*. 101: 91-100.
- Allden WG. 1970. The effects of nutritional deprivation on the subsequent productivity of sheep and cattle. *Nutrition Abstracts and Reviews*. 40: 1167-1184.
- Al-Selbood BA. 2009. Effect of feeding program on performance and carcass characteristics of Najdi lambs. PhD thesis. Saudi Arabia, King Saud University. 113 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 1990. Official Method of Analysis. 15th Ed. Washington, USA. Association of Official Analytical Chemists.

- ARC (Agricultural Research Council). 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux. London, UK. The Gresham Press. 72-88.
- Arnold, G. 1964. Some principles in the investigation of selective grazing. Proceedings of the Australian Society of Animal Production. 5: 258-271.
- Aurousseau B, Bauchart D, Calichon E, Micol D, Priolo A. 2004. Effect of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipids and their fatty acids in the muscle Longissimus thoracis of lambs. Meat Science. 66: 531-541.
- Ayala W, Rovira P, Bermudez R, Ferrés S, Queheille P. 2003. Efecto de la dotación en el engorde de corderos pesados en pastoreo Lotus pedunculatus cv. Grasslands Maku. En: 12° Congreso Mundial de Corriedale. Proceeding Montevideo, Uruguay. 128.
- Azzarini M. 2003. El cordero pesado tipo SUL: un ejemplo de desarrollo integrado en la producción de carne ovina del Uruguay. En: 12° Congreso Mundial Corriedale. Montevideo, Uruguay. 11-17.
- Barahona R, Sánchez S. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 6: 69-82.
- Barbosa M, Machado G. 2013. Suplementación proteica en la cría de corderas sobre campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 53 p.
- Berretta E, Risso D, Montossi F, Pigurina G. 2000. Campos in Uruguay. En: Lemaire G, Hodgson J, Moraes A, Nabinger C, Carvalho, P. (Eds.). Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Curitiba, Brasil. CAB International 2000. 377-394.
- Berretta EJ. 1997. Producción de pasturas naturales en el basalto. Producción mensual y estacional de forraje de cuatro comunidades nativas sobre suelos de basalto. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. En: Carámbula L, Paz Martínez D, Indarte E. (Eds.). Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo: INIA. (Serie técnica; 13). 12-18.

- Berretta E, Bemhaja M. 1997. Producción de pasturas naturales en el basalto. Producción estacional de forraje de tres comunidades nativas sobre suelos de basalto. En: Caràmbula L, Paz Martínez D, Indarte E. (Eds.). Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo: INIA (Serie Técnica; 13). 19-24.
- Berretta E, Levratto J, Samit W, Bemhaja M, Pittaluga O, Silva J, Claridget J, Guerra J. 1990. Efecto del sistema de pastoreo, relación lanar/vacuno y carga animal sobre la producción y utilización de pasturas naturales. Evolución de la vegetación en pastoreo continuo y rotativo a igual dotación y relación lanar/vacuno 2/1. En: II Seminario Nacional de Campo Natural. Montevideo: Hemisferio SUR. 291-298.
- Bianchi G. 2007. Identificación y cuantificación de factores que afectan la calidad de carne ovina. En: Bianchi G. (Ed.). Alternativas Tecnológicas para la Producción de Carne Ovina de Calidad en Sistemas Pastoriles. Montevideo: Hemisferio Sur. 278 p.
- Black JL, Reis PJ. 1979. Speculation on the control of nutrient partition between wool growth and other body functions. En: Black JL, Reis PJ (Eds). Physiological and Environmental Limitations to Wool Growth. Australia. University of New England Publishing Unit. 269-294.
- Black JL, Robards GE, Thomas, R. 1973. Effects of protein and energy intakes on the wool growth of Merino wethers. Australian Journal of Agricultural Research. 24: 399-412.
- Bligh EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology. 37: 911-917.
- Brito, G. 2006. Diferenciación y valorización de las carnes bovinas y ovinas del Uruguay: Caracterización nutricional y su influencia en la salud humana y la conservación del producto. En: La Industria Cárnica Latinoamericana 140: 36-40.
- Brito G, San Julián R, Montossi R, Castro L, Robaina R. 2002. Caracterización de la terneza, pH, temperatura y color pos mortem en corderos pesados machos y hembras: resultados preliminares. En: Montossi F. (Ed.). Investigación aplicada

- a la cadena agroindustrial cárnica: avances obtenidos: carne ovina de calidad (1998-2001). Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 126). 131-139.
- Burrin DG, Ferrell CL, Britton RA, Bauer M. 1990. Level of nutrition and visceral organ size and metabolic activity in sheep. *British Journal of Nutrition*. 64: 439-448.
- Butterfield RM, Griffiths DA, Thompson JM, Zamora J, James AM. 1983. Changes in body composition relative to weight and maturity in large and small strains of Australian Merino rams. Muscle, bone and fat. *Animal Science*. 36: 29-37.
- Campbell AJD, Vizard AL, Larsen JWA. 2009. Risk factors for post-weaning mortality of Merino sheep in south-eastern Australia. *Australian Veterinary Journal*. 87: 305-312.
- Cangiano. 1996. Producción animal en pastoreo. EEA Balcarce. INTA. Argentina. 95 p.
- Cañeque V, De la fuente J, Díaz MT, Álvarez I. 2007. Composición en ácidos grasos y vitamina E de la carne de corderos alimentados con niveles diferentes de concentrado. En: Montossi F, Sañudo C. (Eds.). *Diferenciación y valorización de la carne ovina y bovina del Uruguay en Europa: Influencia de Sistemas de Producción sobre Bienestar Animal, Atributos Sensoriales, Aceptabilidad y Percepción de Consumidores y Salud Humana*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 168). 97-103.
- Cañeque V, Velasco S, De Huidobro F, Pérez C, Lauzurica S. 2003. Use of whole barley with a protein supplement to fatten lambs under different management systems and its effect on meat and carcass quality. *Animal Research*. 52: 271-285.
- Cardellino R, Azzarini M. 1979. Efecto de la época de encarnerada y de la edad sobre la tasa reproductiva de ovejas Corriedale, Ideal y Merino en el Uruguay. Montevideo. *Boletín Técnico-Secretariado Uruguayo de la Lana*. 5-12.
- Carrasco S, Ripoll G, Sanz A, Álvarez-Rodríguez J, Panea B, Revilla R, Joy M. 2009. Effect of feeding system on growth and carcass characteristics of Churra Tensina light lambs. *Livestock Science*. 121: 56-63.

- Celada P, Delgado-Pando G, Olmedilla-Alonso B, Jiménez-Colmenero F, Ruperto M, Sánchez-Muniz F. 2015. Impact of improved fat-meat products consumption on anthropometric markers and nutrient intakes of male volunteers at increased cardiovascular risk. *Nutrición Hospitalaria*. 32: 710-721.
- Chay-Canul AJ, Garcia-Herrera R, Meza-Villalvazo VM, Gómez Vázquez A, Cruz-Hernandez A, Magaña-Monforte JG, Ku-Vera JC. 2016. Body fat reserves and their relationship to ultrasound back fat measurements in Pelibuey ewes. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 3: 407-413.
- Coop RL, Holmes PH. 1996. Nutrition and parasite interaction. *International Journal for Parasitology*. 26: 951-962.
- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation). 2007. *Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants*. Collingwood, VIC 3066 Australia. CSIRO publishing. 71
- Cutress TW, Suckling GW, Healy WB, Mattingley J, Aitken WM. 1972. Periodontal disease in Sheep II. The composition of Sera from Sheep with periodontosis. *Journal of Periodontology*. 43: 668-676.
- De Barbieri I, Hegarty RS, Li L, Oddy VH. 2015. Association of wool growth with gut metabolism and anatomy in sheep. *Livestock Science*. 173: 38-47.
- De Smet S, Raes K, Demeyer D. 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*. 53: 81-98.
- Department of Health. 1994. Report on health and social subjects. N° 46. *Nutritional aspects of cardiovascular disease*. London: HMSO. 1-186.
- Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini M, Gonzalez L, Tablada M, Robledo C. 2012. *InfoStat versión 2012*. Grupo InfoStat, FCA. Argentina. Universidad Nacional de Córdoba.
- DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2017. *Anuario Estadístico Agropecuario*. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo, Uruguay. (En línea) 2 de febrero de 2018. <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/diea-nuario2017web01a.pdf>.
- Doyle PT, Egan JK. 1983. The utilization of nitrogen and sulfur by weaner and mature merino sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*. 34: 433-439.

- Ebrahimi R, Ahmadi H, Zamiri M, Rowghani E. 2007. Effect of energy and protein levels on feedlot performance and carcass characteristics of Mehraban ram lambs. *Pakistan Journal of Biological Science*. 15: 1679-1684.
- Enser M, Hallett KG, Hewett B, Fursey GAJ, Wood JD, Harrington G. 1998. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*. 49: 329-341.
- Faustman C, Cassens RG. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *Journal of Muscle Foods*. 1: 217-243.
- Fernández M, Giráldez F, Frutos P, Hervás G, Mantecón A. 2005. Effect of undegradable protein concentration in the post-weaning diet on body growth and reproductive development of Assaf rams. *Theriogenology*. 63: 2206-2218.
- Fisher A, Enser M, Richardson R, Wood J, Nute G, Kurt E, Wilkinson R. 2000. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed × production systems. *Meat Science*. 55: 141-147.
- Freer M, Dove H, Nolan. 2007. *Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants*. Collingwood. CSIRO Publishing. 71.
- Freer M, Moore AD, Donnelly JR. 1997. GRAZPLAN: Decision Support Systems for Australian Grazing Enterprises - II. The Animal Biology Model for Feed Intake, Production and Reproduction and the GrazFeed DSS. *Agricultural Systems*. 541: 77-126.
- Freitas Dantas A, Pereira Filho J, De Azevedo Silva A, Mamede dos Santos E, De Sousa B, Fontes César M. 2008. Carcass characteristics of Santa Inês sheep finished in grazing and submitted to different levels of supplementation. *Ciência e Agrotecnologia*, 32: 1280-1286.
- French P, Stanton C, Lawless F, O'riordan EG, Monahan FJ, Caffrey PJ, Moloney AP. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*. 78: 2849-2855.

- Frey A, Martín N, De Caro A, Álvarez Ugarte D, Elvira M. 2007. Variación del diámetro promedio de fibras en ovejas Merino trasladadas desde la Patagonia a la región Pampeana en Argentina. Cusco, Perú. ALPA. 1-6.
- Friend MA, Robards GE. 2006. Wool production and quality of three strains of Merino in a semi-arid environment under different grazing strategies. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 46: 37-44.
- Gabb S, Hatcher S, Eppleston J, Watt B, Thornberry KJ. 2012. Managing the weaning transition of Merino lambs by promoting positive growth rates and increasing survival – Is yard weaning a viable option?. *Animal Production Science*. 52: 516-523.
- Gerrard D, Grant A. 2006. Principles of animal growth and development. Dubuque. Kendall Hunt publishing. 205.
- Gibson TE. 1983. The influence of nutrition on the relationship between gastrointestinal parasites and their hosts. *Proceedings of the Nutrition Society*. 22: 15-20.
- Givens D, Kliem K, Gibbs R. 2006. The role of meat as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Science*. 74: 209-218.
- Gómez Vázquez A, De la Cruz-Lazaro E, Pinos-Rodriguez JM, Guerrero-Lagarreta I, Plascencia-Jorquera A, Joaquin-Torres, BM. 2011. Growth performance and meat characteristics of hair lambs grazing stargrass pasture without supplementation or supplemented with concentrate containing different levels of crude protein. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A: Animal Science*. 61: 115-120.
- Haddad SG, Nasr RE, Muwalla MM. 2001. Optimum dietary crude protein level for finishing Awassi lambs. *Small Ruminant Research*. 39: 41-46.
- Hajji H, Smeti S, Bem Hamouda M, Atti N. 2015. Effect of protein level on growth performance, non-carcass components and carcass characteristics of young sheep from three breeds. *Animal Production Science*. 56: 2115-2121.
- Hawkins C, Betteridge K, Costall DA, Lui Y. 1993. Intake and liveweight change of hoggets grazing pastures differing in dead matter content in autumn. *Proceeding. New-Zealand Society of Animal Production*. 53: 29-32.

- Herrera J, Jordán H, Senra AF. 2010. Aspectos del manejo y alimentación de la reproductora ovina Pelibuey en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 44 p.
- Hess BW, Park KK, Krysl LJ, Judkins MB, McCracken BA, Hanks DR. 1994. Supplemental protein for beef cattle grazing dormant intermediate wheatgrass pasture: effects on nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, grazing behavior, ruminal fermentation, and digestion. *Journal Animal Science*. 72: 2113-2123.
- Higgs J. 2000. The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. *Trends in Food Science and Technology*. 11: 85-95.
- Hodgson J. 1990. Supplements. In: Whittemore C, Simpson K. (Eds.). *Grazing management, science into practice*. New York, Longman Scientific & Technical. 135-141.
- Hutchinson KJ, Porter RB. 1958. Growth and wool production of Merino hoggets related to grazing intake in a South Australian environment. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 2: 33-41.
- IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). 1987. Preparation of the fatty acid methyl ester. *Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives*. Oxford. 7th Ed. Blackwell Scientific Publications. 2-301.
- Jacques J, Chouinard P, Gariépy C, Cinq-Mars D. 2016. Meat quality, organoleptic characteristics, and fatty acid composition of Dorset lambs fed different forage to concentrate ratios or fresh grass. *Canadian Journal of Animal Science*. 97: 290-301.
- Jefferies BC. 1961. Condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture*. 32: 19-21.
- Jiménez-Colmenero F, Carballo J, Cofrades S. 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science*. 59: 5-13.
- Jung U, Torrejon C, Tighe A, Deckelbaum R. 2008. n-3 Fatty acids and cardiovascular disease: mechanisms underlying beneficial effects. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 87: 2003-2009.

- Jurie C, Picard B, Hocquette J, Dransfield E, Micol D, Listrat A. 2007. Muscle and meat quality characteristics of Holstein and Salers cull cows. *Meat Science*. 77: 459-466.
- Karakus F. 2014. Weaning stress in lambs. Yuzuncu Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Van, Turkey. *Journal of International Scientific Publications: Agriculture and Food*. 2: 165-170.
- Katunguka-rwakishaya E. 1997. The influence of dietary protein on some blood biochemical parameters in Scottish Blackface sheep experimentally infected with *Trypanosoma Congolense*. *Veterinary Parasitology*. 68: 227-240.
- Kaya I, Unal Y, Sahin T, Elmalı D. 2009. Effect of different protein level on fattening performance, digestibility and rumen parameters in finishing lambs. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 8: 309-312.
- Kempton TJ, Nolan JV, Leng RA. 1979. Protein Nutrition of Growing Lambs. *British Journal of Nutrition*. 42: 303-315.
- Kenyon PR, Maloney SK, Blache D. 2014. Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 71: 38-64.
- Keser O, Bilal T. 2008. Effect of Different Dietary Crude Protein Levels on Performance, N Digestibilidad and Some Blood Parameters in Kivircik Lambs. *Acta Veterinaria*. 58: 487-498.
- Keys A. 1970. Coronary heart disease in seven countries. *Circulation*. 41: 186-195.
- Khlijı S, Van de Ven R, Lamb T, Lanza M, Hopkins D. 2010. Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour. *Meat Science*. 85: 224-229.
- Kirton AH. 1989. Principles of classification and grading. In: *Meat production and processing*. New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication N° 11: 143-158.
- Krysl LJ, Hess BW. 1993. Influence of Supplementation on Behavior of Grazing Cattle. *Journal Animal Science*. 71: 2546-2555.

- Langlands JP, Donald GE, Paull DR. 1984. Effects of different stocking intensities in early life on the productivity of Merino ewes grazed as adults at two stocking rates. *Reproductive Performance. Animal Production Science*. 24: 47-56.
- Langlands P, Wheeler L. 1968. The dyebanding and tattooed patch procedures for estimating wool production and obtaining samples for the measurements of fibre diameter. *Animal Production Science*. 8: 265-269.
- Ledward D, Dickinson R, Powell V, Shorthose W. 1986. The colour and colour stability of beef *Longissimus dorsi* and *Semimembranosus* muscles after effective electrical stimulation. *Meat Science*. 16: 245-265.
- Lekatz LA, Ward MA, Borowics PP, Taylor JB, Redmer DA, Grazul-Bilska AT, Reynolds LP, Caton JS, Vonnahme KA. 2010. Cotyledonary response to maternal selenium and dietary restriction may influence alterations in foetal weight and foetal liver glycogen in sheep. *Animal Reproduction Science*. 117: 216-225.
- Liu SM, Smith LJE, Karlsson DG, Palmer DG, Besier RB. 2005. The costs for protein and energy requirements by nematode infection and resistance in Merino sheep. *Livestock Production Science*. 97: 131-139.
- Lourenço M, Van Ranst G, Vlaeminck B, De Smet S, Fievez V. 2008. Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Animal Feed Science and Technology*. 145: 418-437.
- Machado da Rocha M, Susin I, Vaz Pires A, Jalme de Souza Fernandes J. Quirino Mendes C. 2004. Performance of Santa Ines lambs fed diets of variable crude protein levels. *Scientia Agricola*. 61: 141-145.
- Majdoub-Mathlouthi L, Saïd B, Kraiem K. 2015. Carcass traits and meat fatty acid composition of Barbarine lambs reared on rangelands or indoors on hay and concentrate. *Animal*. 9: 2065-2071.
- Majdoub-Mathlouthi L, Saïd B, Say A, Kraiem K. 2013. Effect of concentrate level and slaughter body weight on growth performances carcass traits and meat quality of Barbarine lambs fed oat hay based diet. *Meat Science*. 93: 557-563.

- McGregor BA, McLaughlin JW. 1980. The Influence of dietary protein and energy concentration on the growth of Merino weaner sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 20: 308-315.
- Meda Alducin P, Maldonado Jáquez JA, Tovar Luna I, Jaimes Jaimes J. 2011. Efecto del nivel de proteína cruda en la ración sobre el comportamiento de corderos en finalización. *Revista Chapingo Serie Zonas Aridas*. 10: 61-66.
- Milford R, Minson DJ. 1965. Intake of tropical pasture species. En: 9th International Grassland Congress. Sao Paulo, Brazil. Proceedings. 815-822.
- Miller M, Carr M, Ramsey C, Crockett K, Hoover L. 2001. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science*. 79: 3062-3068.
- Montossi F, De Barbieri I, Ciappesoni G, Luzardo S, Brito G, Soares de Lima JM, Viñoles C, San Julián R, Silveira C, Porcile V, Ramos Z, Mederos A. 2014. La raza Merino Dohne en Uruguay: los aportes de la investigación e innovación de INIA. En: Berretta E, Montossi F, Brito G. (Eds.). *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 217). 405-434.
- Montossi F, Font-i-Furnols M, Del Campo M, San Julián R, Brito G, Sañudo C. 2013. Sustainable sheep production and consumer preference trends: Compatibilities, contradictions, and unresolved dilemmas. *Meat Science*. 95: 772-789.
- Montossi F, Luzardo S, Silveira C, De Barbieri I, San Julián R, Mederos A, Banchero G, Brito G. 2010. Tecnología de engorde de corderos pesados en condiciones de pastoreo para las regiones ganaderas extensivas del Uruguay: aportes del INIA. *Agrociencia Uruguay*. 14: 72-76.
- Montossi F, San Julián R, Brito G, De los campos G, Ganzábal A, Dighiero A, De Barbieri I, Castro I, Robaina R, Pigurina G, De Mattos D, Nolla M. 2003. Producción de carne ovina de calidad con la raza Corriedale: recientes avances y desafíos de la innovación tecnológica en el contexto de la cadena cárnica ovina del Uruguay. En: 12° Congreso Mundial Corriedale. Montevideo, Uruguay. 74-90.

- Montossi F, Pigurina G, Santamarina I, Berretta E. 2000. Estudios de selectividad animal en diferentes comunidades vegetales de la región de basalto y su importancia práctica en el manejo del pastoreo con ovinos y vacunos. En: Montossi F, Pigurina G, Santamarina I, Berretta E. (Eds.). Selectividad Animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica. Montevideo. INIA. (Serie Técnica; 113). 21-63.
- Moore JE, Brant MH, Kunkle WE, Hopkins DI. 1999. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *Journal Animal Science*. 77: 122-135.
- Murphy T, Loerch S, McClure K, Solomon M. 1994. Effects of restricted feeding on growth performance and carcass composition of lambs. *Journal of Animal Science*. 72: 3131-3137.
- MVM (Merck Veterinary Manual). 1991. Handbook of Diagnosis, Therapy, and Disease Prevention and Control for the Veterinarian. En: Fraser CM, Bergeron JA, Mays A, Aiello S. (Eds.). Rahway, New Jersey. 7th Ed Oceano. 1832 p.
- Nagorcka B. 1977. The description and analysis of wool growth. *Australian Journal of Agricultural Research*. 28: 737-746.
- Nicol A. 1987. The energy requirements of grazing sheep and cattle. En: *Livestock feeding on pasture*. Hamilton: New Zealand Society of Animal Production. Occasional Publication. 10: 39-55.
- NRC (National Research Council). 2006. Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Washington, DC. National Academy Press. 256 p.
- Núñez A, Mención P, Rentería I, Solís A, Ortega M. 2007. Influencia de la suplementación sobre la ganancia de peso y calidad de la canal en borregos Dorper/Katahdin. *Revista Científica Agrícola*. 7: 245-251.
- Owens F, Gardner B. 1999. Ruminant nutrition and meat quality. 52nd Annual Reciprocal Meat Conference Proceeding. American Meat Science Association. 52: 25-36.
- Pallarés OR, Berretta EJ, Maraschin GE. 2005. The South American Campos Ecosystem. *Grasslands of the world*. Roma, FAO. 181p.

- Pálsson H. 1939. Meat qualities in the sheep with special reference to Scottish breeds and crosses. *Journal of Agricultural Science*. 29: 544-626.
- Parilo J, Wells G, Compos J, Martínez A. 2007. Composición de canales de corderos Suffolk de la zona centro sur de Chile, sacrificados a 15, 25 y 35 kg de peso vivo. XXX Reunión ALPA, Cusco, Perú. 274-275.
- Pérez V, Bonner M, Montossi F, Ramos Z, Sacchero D, De Barbieri I. 2017. Estudio de características vinculadas al procesamiento textil en lanas del Consorcio Regional de Innovación en Lanas Ultrafinas. *Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay*. 13: 58-65.
- Perlo F, Bonato P, Teira G, Tisocco O, Vicentin J, Pueyo J, Mansilla A. 2008. Meat quality of lambs produced in the Mesopotamia region of Argentina finished on different diets. *Meat Science*. 79: 576-581.
- Piaggio L. 2014. Suplementación de la recría y engorde de ovinos sobre campo natural. Seminario de actualización técnica Producción de Carne Ovina de Calidad. En: Saravia H, Ayala W, Barrios E. (Eds.). Seminario de Actualización técnica: producción de carne ovina de calidad. Montevideo. INIA. (Serie Técnica; 221). 45-54.
- Piaggio L, Marichal M, del Pino ML, Deschenaux H. 2014a. Growth rate of weaned lambs grazing brown midrib sorghum (*Sorghum Bicolor*) supplemented with increasing levels of soybean meal. *Animal Production Science*. 54: 1278-1281.
- Piaggio L, Grattarola M, Aguerre J, Argelaguet R, Scarsi A, Sabbia J, Sicilia M, Guerra MH. 2014b. Suplementación en comederos de autoalimentación para la recría estival de corderos pastoreando campo natural de basalto. V Congreso de la Asociación Uruguaya de Producción Animal. Proceedings. Montevideo, Uruguay. 13-14.
- Piaggio, L. 2013. Suplementación de la recría y engorde de ovinos sobre campo natural. Seminario de Actualización Técnica: Producción de carne ovina de calidad. Montevideo: INIA. (Serie Actividades de Difusión; 719). 41-45.
- Piaggio L, Barbosa M, Machado D, Deschenaux H, del Pino L, Marichal MJ. 2013. Suplementación proteica en la recría estival. En: Parma RH, Frade J. (Eds.). *Lana Noticias*. Montevideo: SUL. (164). 6-8

- Piaggio L, Deschenaux H, del Pino ML. 2011. Alternativas de alimentación en la recría estival. En: Parma RH, Frade J, Aguerre JJ. (Eds.). Lana Noticias. Montevideo: SUL. (159). 12-14.
- Pigurina G, Soares de Lima JM, Berretta E, Montessi F, Pittaluga O, Ferreira G, Silva J. 1998. Características del engorde a campo natural. En: Berretta E. (Ed.). Seminario de actualización de tecnologías para basalto. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 102). 137-145.
- Ponnampalam EN, Butler KL, Hopkins DL, Kerr MG, Dunshea FR, Warner RD. 2008. Genotype and age effects on sheep meat production. Lean meat and fat content in the carcasses of Australian sheep genotypes at 20-, 30-and 40-kg carcass weights. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 48: 893-897.
- Priolo A, Micol D, Agabriel J, Prache S, Dransfield E. 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Science*. 62: 179-185.
- Priolo A, Micol D, Agabriel J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*. 50: 185-200.
- Raes K, De Smet S, Demeyer D. 2004. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Animal Feed Science Technology*. 113: 199-221.
- Ramos Z, De Barbieri I, Van Lier E, Montossi F. 2018. Body and wool growth of lambs on native pastures are improved using energetic supplementation with different protein levels. VI Congreso AUPA - Asociación Uruguaya de Producción Animal. Tacuarembó. 59 p.
- Reis PJ, Tunks DA, Munro SG. 1992. Effects of abomasal protein and energy supply on wool growth in Merino sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*. 43: 1353-1356.
- Robertson J, Van Soest PJ. 1981. The detergent system of analysis and its application to human foods. En: James WPT, Theander O. (Eds.). *The Analysis of Dietary Fiber in Food*. New York: Marcel Dekker. 123-158.

- Rogers GE, Schlink AC. 2010. Wool Growth and Production. En: Cottle DJ. (Ed.). International Sheep and Wool Handbook. Melbourne. Nottingham University Press. 373-394.
- Roil MR, Suckling GW, Mattingley J. 1974. Serum Total Protein and Albumin Levels in Grazing Sheep. New Zealand Veterinary Journal. 22: 232-236.
- Russel AJF. 1984. Means of assessing the adequacy of nutrition of pregnant ewes. Livestock Production Science. 11: 429-436.
- Sami A, Shafey T, Abouheif M. 2013. Growth rate of carcass, non-carcass and chemical components of restricted fed and realimented growing lambs. International Journal of Agriculture and Biology. 15: 307-312.
- San Julián R, Pereira J, Acuña J, Montossi F, Risso D, Cuadro R, De Barbieri I. 2003. Modulo demostrativo de producción de carne ovina de calidad con Corderos Pesados Corriedale: resultados obtenidos (período 1999-2001). En: 12° Congreso Mundial de Corriedale. Montevideo, Uruguay. 125 p.
- San Julián R, Montossi F, Risso D, Berretta EJ, Pigurina G, Ríos M, Frugoni J, Zamit W, Levratto J. 1998. Alternativas tecnológicas para la intensificación de la producción de carne ovina en sistemas ganaderos de basalto. Producción de corderos livianos. En: Berretta E. (Ed.). Seminario de actualización en tecnologías para basalto. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 102). 229-242.
- Sañudo C, Alfonso M, Sánchez A, Delfa R, Teixeira A. 2000. Carcass and meat quality in light lambs from different fat classes in the EU carcass classification system. Meat Science. 56: 89-94.
- Sañudo C. 1992. La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina: factores que la determinan, métodos de medida y causa de variación. Facultad de Veterinaria. Zaragoza. Departamento Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. 117 p.
- Silveira C. 2009. Efecto de diferentes proporciones de pastura y grano en la dieta de corderas cruzas, sobre la calidad de la carne, particularmente referida al valor nutritivo de la misma. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 243 p.

- Simopoulos A. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 56: 365-379.
- Strain SAJ, Stear MJS. 2001. The influence of protein supplementation on the immune response to *Haemonchus contortus*. *Parasite Immunology*. 23: 527-531.
- Suleyman T, Mucahit P. 2015. Evaluating orchard and poplar leaves during autumn as an alternative fodder source for livestock feeding. *Ciencia e Investigación Agraria*. 42: 27-33.
- Teixeira A, Batista S, Delfa R, Cadavez V. 2005. Lamb meat quality of two breeds with protected origin designation. Influence of breed, sex and live weight. *Meat Science*. 71: 530-536.
- Teixeira A, Delfa F, Colomer-Rocher R. 1989. Relationships between Fat Depots and Body Condition Score or Tail Fatness in the Rasa Aragonesa Breed. *Animal Science*. 49: 275-280.
- Thompson AN, Ferguson MB, Campbell AJD, Gordon DJ, Kearney GA, Oldham CM, Paganoni BL. 2011. Improving the nutrition of Merino ewes during pregnancy and lactation increases weaning weight and survival of progeny but does not affect their mature size. *Animal Production Science*. 51: 784-793.
- Titi HH, Tabbaa MJ, Amasheh MG, Barakeh F, Daqamseh B. 2000. Comparative performance of Awassi lambs and Black goat kids on different crude protein levels in Jordan. *Small Ruminant Research*. 37: 131-135.
- White J, Hodgson J. 1999. Nutrition of grazing animals. *New Zealand Pasture and Crop Science*. Auckland. Oxford University Press. 117-132.
- Williams A. 2002. Ultrasound Applications in Beef Cattle Carcass Research and Management. *Journal of Animal Science*. 80: 183-188.
- Williams CM. 2000. Dietary fatty acids and human health. *Annales de Zootechnie*. EDP Science. 49:165-180.
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*. 78: 343-358.

Zundt M, De Assis Fonseca de Macedo F, Nunes Martins E, Mexia Agostinho A, Yamamoto S. 2002. Desempenho de cordeiros alimentados com diferentes níveis protéicos. Revista Brasileira de Zootecnia. 31: 1307-1314.

7. ANEXOS

7.1 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Cuadro 1. Significancia estadística intra anual para peso vivo y ganancia de peso vivo e interanual para disponibilidad de forraje en los tres años (2013, 2015 y 2016)

Año	Tratamiento	Interacción tratamiento × año		Disponibilidad de forraje
		Peso vivo	Ganancia de peso	
2013	CON	b	b	ab
	12PC	a	a	ab
	16PC	a	a	b
	20PC	a	a	ab
2015	CON	b	b	ab
	12PC	ab	ab	ab
	16PC	ab	a	ab
	20PC	a	a	b
2016	CON	b	b	ab
	12PC	a	a	a
	16PC	a	a	ab
	20PC	a	a	ab

CON, 12PC, 16PC y 20PC corresponden a los grupos Control, 12% PC, 16% PC y 20% PC, respectivamente. Letras diferentes (^{a,b}) indican diferencias significativas (P<0.05).

Cuadro 2. Ganancia de peso previa (nacimiento – inicio del experimento, g/a/d), edad (días) y peso vivo inicial (kg) para cada año (2013, 2015 y 2016)

Año	Ganancia de peso previa (g/a/d)	Edad (días)	Peso vivo inicial (kg)
2013	186	118	27
2015	100	152	21
2016	175	104	23

Cuadro 3. Producción de lana vellón (kg) para cada tratamiento al final del período de engorde (promedio de los tres años)

Variable	Tratamientos			
	CON	12PC	16PC	20PC
Peso de vellón (kg)	2,03 ^c	2,38 ^b	2,45 ^{ab}	2,60 ^a

CON, 12PC, 16PC y 20PC corresponden a los grupos Control, 12% PC, 16% PC y 20% PC, respectivamente. Letras diferentes (^{a,b,c}) indican diferencias significativas (P<0.05).

Ramos Z, De Barbieri I, Van Lier E, Montossi F. 2018. Body and wool growth of lambs on native pastures are improved using energetic supplementation with different protein levels. VI Congreso AUPA - Asociación Uruguaya de Producción Animal. 59 p.

7.2 BODY AND WOOL GROWTH OF LAMBS ON NATIVE PASTURES ARE IMPROVED USING ENERGETIC SUPPLEMENTATION WITH DIFFERENT PROTEIN LEVELS

Ramos Z.^{12*}, De Barbieri I.¹, Van Lier E.²³ and Montossi F.¹

¹ Experimental Unit, National Agricultural Research Institute, Tacuarembó, Uruguay.

² Department of Animal Production and Pastures, Faculty of Agronomy, University of the Republic of Uruguay, Montevideo, Uruguay.

³ Experimental Unit, Faculty of Agronomy, University of the Republic of Uruguay, Salto, Uruguay.

*zramos@inia.org.uy

In extensive sheep production systems -based primarily on native pastures (NP)-, summer forage production is mainly explained by rainfall and it presents a high variability among years. Additionally, in summer just after weaning, dry matter digestibility, metabolizable energy and crude protein (CP) content of NP are insufficient to meet the requirements of lambs so as to achieve their potential body and wool growth. The strategic use of supplements is key to improving productivity. In a completely randomized experimental design with two replications, the impact of iso-energetic supplements with different protein levels on body and wool growth was studied in eighty crossbreed (Merino Dohne × Corriedale) castrated male lambs (24.5 ± 4.4 kg of body weight, BW, 4 months of age) in summer (103 days) for three years. Animals were randomly allotted to four treatments (n=20). All lambs grazed NP and in three treatments animals were daily supplemented (2% BW) with an iso-energetic supplement of different CP levels: control (CON, no supplement), 12% CP (12CP),

16% CP (16CP) and 20% CP (20CP). Supplemented lambs presented higher final BW (36.0, 36.4 and 37.7 kg for 12, 16 and 20CP, respectively) than CON lambs (28.9 kg) ($P<0.05$). Among supplemented lambs, the 12CP group had the lowest BW ($P<0.05$), without differences between 16CP and 20CP. Supplemented lambs presented greater average daily gain, body condition score, rib eye area and fat thickness than CON lambs ($P<0.05$). Wool growth was 40% higher in supplemented lambs compared to CON lambs ($P<0.05$), while 20CP animals presented the greatest growth. Iso-energetic supplementation with different CP (12, 16 and 20%) content improved body and wool growth of lambs grazing NP compared to non-supplemented lambs in summer after weaning. Body and wool growth were greatest when 20% CP supplement was used.

Keywords: sheep, grazing, body weight, body condition score



BODY AND WOOL GROWTH OF LAMBS ON NATIVE PASTURES ARE IMPROVED USING ENERGETIC SUPPLEMENTATION WITH DIFFERENT PROTEIN LEVELS



Ramos, Z.^{1,2*}, De Barbieri, I.¹, Van Lier, E.^{2,3} and Montossi, F.¹

¹ Estación Experimental INIA Tacuarembó, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Ruta 5 km 386, 45000 Tacuarembó, Uruguay. ² Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Avda. Garzón 780, 12900 Montevideo, Uruguay. ³ Estación Experimental Facultad de Agronomía Salto, Ruta 31, km 21, 50000 Salto, Uruguay.

zramos@inia.org.uy

1

INTRODUCCIÓN

In extensive sheep production systems -based primarily on native pastures (NP)-, summer forage production is mainly explained by rainfall and it presents a high variability among years.

Additionally, in summer just after weaning, dry matter digestibility, metabolizable energy and crude protein (CP) content of NP are insufficient to meet the requirements of lambs so as to achieve their potential body and wool growth. The strategic use of supplements is key to improving productivity.

The aim of this study was to compare the impact of using iso-energetic supplements with different protein levels on body and wool growth on lambs grazing native pastures.

2

MATERIALES Y MÉTODOS

Location: "Glencoe" Experimental Unit of the Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria in Uruguay.

Period: during summer (from mid-January to mid-April) for three years (2013, 2015 and 2016).

Animals and treatments: eighty crossbreed (Merino Dohne × Corriedale) castrated male lambs (24.5 ± 4.4 kg of body weight, BW, 4 months of age) were randomly allotted to four treatments ($n=20$). All lambs grazed NP and in three treatments animals were daily supplemented (2% BW) with an iso-energetic supplement of different CP levels: control (CON, no supplement), 12% CP (12CP), 16% CP (16CP) and 20% CP (20CP).

Animal measurements: body weight, body-weight gain, body condition score, rib eye area, fat thickness, wool growth and fibre diameter.

Statistical analysis: general linear mixed model (Infostat, 2012). Differences were considered statistically significant when $P < 0.05$.



3

RESULTADOS

Table 1. Mean fasted body weight (kg), average body-weight gain (g/d), body condition score (units), rib eye area (cm²), fat thickness (mm), wool growth (μg/cm² per day) and fibre diameter (μ) of lambs on diets with different levels of protein (mean ± SEM)

Parameter	Treatments				SEM
	CON	12CP	16CP	20CP	
Fasted body weight (kg)	28.9 ^c	36.0 ^b	36.4 ^{ab}	37.7 ^a	0.55
Body-weight gain (g/d)	44 ^b	118 ^a	123 ^a	131 ^a	10.0
Body condition score (units)	2.8 ^c	3.1 ^b	3.2 ^a	3.3 ^a	0.02
Rib eye area (cm ²)	6.0 ^b	7.3 ^a	7.2 ^a	7.6 ^a	0.40
Fat thickness (mm)	1.7 ^b	2.0 ^a	2.0 ^a	1.9 ^{ab}	0.10
Wool growth (μg/cm ² per day)	907 ^c	1223 ^b	1234 ^b	1375 ^a	33.0
Wool fibre diameter (μ)	18.2 ^b	20.1 ^a	20.7 ^a	20.9 ^a	0.60

CON, 12CP, 16CP and 20CP correspond to Control, 12% CP, 16% CP and 20% CP. Different letters within a row (^{a,b}) indicate statistical significance ($P < 0.05$).

Supplemented lambs presented 27% greater ($P < 0.05$) BW than control lambs, whereas among supplemented lambs BW was greatest with 16 and 20% CP levels.

Average daily gain was 2.8 times higher in supplemented lambs than in control lambs, whereas among supplemented groups no differences were found.

Wool growth was 40% higher in supplemented lambs compared to CON lambs ($P < 0.05$), while 20CP animals presented the greatest growth. Fibre diameter was 13% lower ($P < 0.05$) for the CON lambs compared to supplemented groups, which did not present differences among them.



4

CONCLUSIONES

Iso-energetic supplementation with different CP (12, 16 and 20%) content improved body and wool growth of lambs grazing NP compared to non-supplemented lambs in summer after weaning.

Body and wool growth were greatest when 20% CP supplement was used.

Ramos Z, De Barbieri I, Van Lier E, Montossi F. 2018. Efecto de la suplementación de corderos durante la recría sobre la calidad de canal y carne. XLVI Jornadas Uruguayas de Buiatría. 168-171.

7.3 EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE CORDEROS DURANTE LA RECRÍA SOBRE LA CALIDAD DE CANAL Y CARNE

Zully Ramos^{12*}, Ignacio De Barbieri¹, Elize van Lier²³ y Fabio Montossi¹

¹ Estación Experimental Glencoe, INIA Tacuarembó, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Ruta 5 km 386, Tacuarembó, Uruguay.

² Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Avda. Garzón 780, Montevideo, Uruguay.

³ Estación Experimental San Antonio, Facultad de Agronomía Salto, Ruta 31, km 21, Salto, Uruguay.

*zramos@inia.org.uy

RESUMEN

Se evaluó el efecto del uso de suplementos iso-energéticos (2,9 Mcal/kg MS) con diferentes niveles de proteína cruda (PC; 12, 16 y 20%), durante la recría estival, sobre la calidad de la canal y carne de corderos. Durante tres veranos (enero-abril; 2013, 2015 y 2016), ochenta corderos cruza (Merino Dohne × Corriedale, con un peso vivo -PV- inicial de $24,5 \pm 4,4$ kg) fueron asignados aleatoriamente cada año a los siguientes tratamientos: **CON**: pasturas nativas (PN) sin S (suplemento); **12PC**: PN + S de 12%PC; **16PC**: PN + S de 16% PC; **20PC**: PN + S de 20% PC. Luego (abril-julio), los animales se manejaron en un solo lote sobre cultivos anuales invernales hasta llegar a un PV de faena promedio de 45 kg. El peso de los cortes valiosos y la fuerza de corte de la carne fueron similares ($P > 0,05$) entre los tratamientos, mientras que en algún caso se presentaron diferencias en las relaciones de ácidos grasos (AG) a favor de los animales alimentados exclusivamente en pasturas. Los niveles de engrasamiento

de las canales y la carne tendieron a ser mayores en animales suplementados. La suplementación energético-proteica durante la recría estival con una terminación sobre cultivos anuales invernales, afectó levemente la calidad de la canal y carne de corderos.

SUMMARY

The effect iso-energetic supplements (2.9 Mcal/kg DM) with different crude protein (CP) levels (12, 16 and 20% CP) during summer rearing were evaluated on lamb carcass and meat quality. During three summers (January-April, 2013, 2015 and 2016), eighty crossbreed lambs (Merino Dohne × Corriedale, with an initial body weight -BW- of 24.5 ± 4.4 kg) randomly allotted each year to the following treatments: **CON**: native pastures (NP) without S (supplement); **12CP**: NP + S with 12% CP; **16CP**: NP + S with 16% CP; **20CP**: NP + S with 20% CP. Thereafter (April-July), the animals were managed together on annual winter crops until an average slaughter weight of 45 kg was reached. The weight of valuable cuts and the meat shear force were similar ($P > 0.05$) among treatments, whereas differences in fatty acid ratios tended to favour those animals fed exclusively on pastures. Carcass and meat fatness levels tended to be greater in supplemented treatments. The energy and protein supplementation during summer rearing followed by a common fattening period on annual winter crops, slightly affected lamb carcass and meat quality traits.

INTRODUCCIÓN

En Uruguay, la mayor parte de la producción ovina se desarrolla sobre pasturas nativas (PN), concentrándose más del 50% en la región basáltica, principalmente sobre los suelos de menor aptitud pastoril (DIEA, 2017). En esta región y durante el verano, la digestibilidad de la pastura varía entre 48 y 55% (Montossi *et al.*, 2000) y el contenido proteico varía entre 6-8% (Berretta *et al.*, 1990), lo cual limita el potencial de crecimiento de los corderos, con ganancias de peso que no superan los 60 g/a/d (Piaggio, 2014). Frente a estas restricciones nutricionales, la inclusión de suplementos (S) energético-proteicos durante el verano podría ser una alternativa para acelerar la

velocidad de crecimiento y así adelantar la edad de faena, liberando áreas de pastoreo. Sin embargo, la composición de la dieta de corderos puede afectar las características de la canal y carne (Sami *et al.*, 2013). Adicionalmente, la composición de ácidos grasos (AG) en animales alimentados en base a pasturas es diferente comparado con aquellos alimentados en base a pasturas y S (Cañeque *et al.*, 2007; Jacques *et al.*, 2016). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del uso de S iso-energéticos con diferentes niveles de proteína (PC) durante la recría sobre la calidad de canal y carne de corderos luego de un período de engorde con un mismo sistema de alimentación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Unidad Experimental Glencoe de INIA Tacuarembó y fue repetido en tres años (2013, 2015 y 2016). En la etapa de recría estival (enero-abril) se evaluaron 3 tipos de S iso-energéticos (2,9 Mcal/kg MS) con diferentes niveles de PC. La asignación del S fue 2% del PV. Cada año, 80 corderos cruza (Merino Dohne × Corriedale), de 4 meses de edad y con un PV inicial de $24,5 \pm 4,4$ kg fueron asignados aleatoriamente a uno de los siguientes tratamientos: **CON**: PN sin S; **12PC**: PN + S de 12% PC; **16PC**: PN + S de 16% PC; **20PC**: PN + S de 20% PC, con dos repeticiones por año (n=10). El pastoreo fue continuo (10 corderos/ha). Luego de la recría, continuó la fase de terminación (abril-julio) en la cual todos los animales se manejaron en un único lote, pastoreando (en forma rotativa, a una carga instantánea de 8 a 11 animales/ha) sobre cultivos anuales invernales (Avena y/o Raigrás) hasta a un PV de faena promedio de 45 kg. Los corderos fueron faenados y las variables registradas fueron: peso de la canal caliente (PCC) y los pesos de la paleta (P), pierna (Pi) y frenched rack (FR); asimismo, se calculó el índice de compacidad (IC) de la canal (PCC/largo de la canal). Además, se midió el espesor de tejidos subcutáneos en el punto GR (Montossi *et al.*, 2004) y se tomó una muestra del músculo *Longissimus dorsi* para la determinación de la fuerza de corte (Brito *et al.*, 2002), contenido de grasa intramuscular (GIM) (Bligh y Dyer, 1959) y composición de AG. Las variables fueron analizadas mediante GLM (Infostat, 2012, FCA, Universidad

Nacional de Córdoba, Argentina). El año y tratamiento fueron tratados como efectos fijos. Para el PCC se consideró al PV previo a la faena como covariable, mientras que para GR, P, Pi y FR; la covariable fue el PCC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El IC fue 14% menor en los animales CON respecto a los suplementados, sin diferencias entre estos últimos. El peso de los cortes y la fuerza de corte no fueron afectados por la dieta. Esto coincide con otros estudios donde el uso de S con diferentes niveles de PC utilizados en corderos sobre pasturas, donde no se afectó la fuerza de corte de la carne (Gómez Vázquez *et al.*, 2011). En términos generales, los valores de GR y GIM fueron mayores en animales con S (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Peso de la canal caliente (kg), punto GR (mm), índice de compacidad de la canal, peso de la paleta, pierna y frenched rack (kg) para cada tratamiento (media y error estándar)

Variables	Tratamientos				EE
	CON	12PC	16PC	20PC	
Peso de canal caliente (kg)	19,6 ^b	20,0 ^a	19,9 ^{ab}	20,1 ^a	0,14
Punto GR (mm)	7,3 ^c	7,9 ^{bc}	8,9 ^a	8,4 ^{ab}	0,34
Índice de compacidad de la canal	0,26 ^b	0,29 ^a	0,30 ^a	0,30 ^a	0,05
Peso de la paleta (kg)	1,9	1,8	1,8	1,9	0,03
Peso de la pierna (kg)	2,2	2,2	2,1	2,1	0,02
Peso del frenched rack (kg)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,04

Letras diferentes dentro de cada fila (^{a,b,c}) indican diferencias significativas (P<0,05).

Cuadro 2. Fuerza de corte (kgF), grasa intramuscular (%), relación n6/n3 y AGPI/AGS para cada tratamiento (media y error estándar)

Variables	Tratamientos				EE
	CON	12PC	16PC	20PC	
Fuerza de corte (kgF)	2,8	2,8	2,7	3,0	0,08
Grasa intramuscular (%)	4,1 ^b	4,7 ^{ab}	4,9 ^a	4,6 ^{ab}	0,16
Relación n6/n3	1,8 ^c	2,3 ^b	2,4 ^b	2,7 ^a	0,07
Relación AGPI/AGS	0,17 ^a	0,15 ^{ab}	0,15 ^b	0,15 ^{ab}	0,04

Letras diferentes dentro de cada fila (^{a,b,c}) indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

AGPI/AGS: relación ácidos grasos polinsaturados (AGPI)/ saturados (AGS). Ácidos grasos n6 y n3: AGP que difieren en la ubicación del primer doble enlace: átomo de carbono 6 o 3).

La relación n6/n3 fue más favorable en los animales alimentados exclusivamente con pasturas y en algún caso la relación AGP/AGS presentó un menor valor en dietas que incluyeron S. Los cambios en GIM y la composición de AG por la inclusión de S indican que los efectos de la dieta pueden manifestarse incluso tiempo después que los tratamientos nutricionales diferenciales son suspendidos.

CONCLUSIÓN

El uso de suplementos energéticos-proteicos durante la recría estival y el posterior manejo conjunto sobre cultivos anuales genera leves diferencias en la calidad de la canal y la carne de corderos. La magnitud de estos cambios posee escasa relevancia productiva e industrial.

BIBLIOGRAFÍA

Berretta E, Levratto J, Zamit W, Bemhaja M, Pittaluga O, Silva J, Clariget J, Guerra J. 1990. Efecto del sistema de pastoreo, relación lanar/vacuno y carga animal sobre la producción y utilización de pasturas naturales. Evolución de la vegetación en pastoreo continuo y rotativo a igual dotación y relación

- lanar/vacuno 2/1. En: II Seminario Nacional de Campo Natural. Tacuarembó: Hemisferio SUR. 291-298.
- Bligh EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. 37: 911-917.
- Brito G, San Julián R, Montossi R, Castro L, Robaina R. 2002. Caracterización de la terneza, pH, temperatura y color pos mortem en corderos pesados machos y hembras: resultados preliminares. En: Montossi F. (Ed.). *Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica: avances obtenidos: carne ovina de calidad (1998-2001)*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 126). 131-139.
- Cañeque V, De la fuente J, Díaz MT, Álvarez I. 2007. Composición en ácidos grasos y vitamina E de la carne de corderos alimentados con niveles diferentes de concentrado. En: Montossi F, Sañudo C. (Eds.). *Diferenciación y valorización de la carne ovina y bovina del Uruguay en Europa: Influencia de Sistemas de Producción sobre Bienestar Animal, Atributos Sensoriales, Aceptabilidad y Percepción de Consumidores y Salud Humana*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica; 168). 97-103.
- DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2017. *Anuario Estadístico Agropecuario*. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Montevideo, Uruguay. (En línea) 2 de febrero de 2018. <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/diea-nuario2017web01a.pdf>.
- Gómez Vázquez A, De la Cruz-Lazaro E, Pinos-Rodriguez JM, Guerrero-Lagarreta I, Plascencia-Jorquera A, Joaquin-Torres, BM. 2011. Growth performance and meat characteristics of hair lambs grazing stargrass pasture without supplementation or supplemented with concentrate containing different levels of crude protein. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A: Animal Science*. 61: 115-120.
- Jacques J, Chouinard P, Gariépy C, Cinq-Mars D. 2016. Meat quality, organoleptic characteristics, and fatty acid composition of Dorset lambs fed different forage to concentrate ratios or fresh grass. *Canadian Journal of Animal Science*. 97: 290-301.

- Montossi F, Pigurina G, Belk K, San Julián R, Robaina R, Scanga J. 2004. Auditoria de Calidad de Carne Ovina. Revista Plan Agropecuario. 37-43.
- Montossi F, Pigurina G, Santamarina I, Berretta E. 2000. Estudios de selectividad animal en diferentes comunidades vegetales de la región de basalto y su importancia práctica en el manejo del pastoreo con ovinos y vacunos. En: Montossi F, Pigurina G, Santamarina I, Berretta E. (Eds.). Selectividad Animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: teoría y práctica. Montevideo. INIA. (Serie Técnica; 113). 21-63.
- Piaggio L. 2014. Suplementación de la recría y engorde de ovinos sobre campo natural. Seminario de actualización técnica Producción de Carne Ovina de Calidad. En: Saravia H, Ayala W, Barrios E. (Eds). Seminario de Actualización técnica: producción de carne ovina de calidad. Montevideo. INIA. (Serie Técnica; 221). 45-54.
- Sami A, Shafey T, Abouheif M. 2013. Growth rate of carcass, non-carcass and chemical components of restricted fed and realimented growing lambs. International Journal of Agriculture and Biology. 15: 307-312.

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE CORDEROS DURANTE LA RECRÍA SOBRE LA CALIDAD DE CANAL Y CARNE

Ramos Z.^{1,2*}, De Barbieri I.¹, Van Lier E.^{2,3} y Montossi F.¹

¹ Estación Experimental Glencoe, INIA Tacuarembó, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Ruta 5 km 386, Tacuarembó, Uruguay.

² Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Avda. Garzón 780, Montevideo, Uruguay.

³ Estación Experimental Facultad de Agronomía Salto, Ruta 31, km 21, Salto, Uruguay.

*zramos@inia.org.uy

1

INTRODUCCIÓN

En Uruguay, la mayor parte de la producción ovina se desarrolla sobre pasturas nativas (PN), principalmente sobre los suelos de menor aptitud pastoril, lo cual, entre otros, limita el potencial de crecimiento de los corderos. El uso de suplementos (S) energético-proteicos durante el verano contribuye a incrementar la tasa de crecimiento. Sin embargo, el cambio en composición de la dieta podría afectar las características de la canal y carne de los corderos.

2

OBJETIVO

Evaluar el efecto del uso de S iso-energéticos con diferentes niveles de proteína (PC) durante la recría sobre la calidad de canal y carne de corderos luego de un período de engorde con un mismo sistema de alimentación.

3

MATERIALES Y MÉTODO

Localización y período: Unidad Experimental "Glencoe" de INIA Tacuarembó, de enero a julio durante tres años.

Animales: 80 corderos cruza (Merino Dohne x Corriedale), 4 meses de edad.

Diseño experimental:

FASE I: 4 tratamientos, 3 tipos de S (2,9 Mcal/kg MS).

CON: pasturas nativas (PN) sin S (suplemento).

12 PC: PN + S de 12% PC

16 PC: PN + S de 16% PC

20 PC: PN + S de 20% PC

FASE II: terminación en un único lote sin S.

Avena y/o Raigrás.

Pastoreo rotativo, 8 a 11 animales/ha.

Determinaciones: peso de canal caliente y sus cortes; punto GR; índice de compacidad de la canal; fuerza de corte; relaciones de ácidos grasos polinsaturados (AGP) y ácidos grasos saturados (AGS) y omega6 (n6)/omega3(n3).

Análisis estadístico: Modelo Lineal General, nivel de significancia $P < 0,05$.



4

CONCLUSIONES

El uso de suplementos energético-proteicos durante la recría estival y el posterior manejo conjunto sobre cultivos anuales genera leves diferencias en la calidad de la canal y la carne de corderos. Se destaca la producción de carne tierna y saludable para consumo humano.

5

RESULTADOS

Cuadro 1. Peso de la canal caliente (kg), punto GR (mm), índice de compacidad de la canal, peso de la paleta, pierna y frenched rack (kg) para cada tratamiento (media y error estándar).

Variables	Tratamientos				EE
	CON	12PC	16PC	20PC	
Peso de canal caliente (kg)	19,6 ^b	20,0 ^a	19,9 ^{ab}	20,1 ^a	0,14
Punto GR (mm)	7,3 ^c	7,9 ^{bc}	8,9 ^a	8,4 ^{ab}	0,34
Índice de compacidad de la canal	0,26 ^b	0,29 ^a	0,30 ^a	0,30 ^a	0,05
Peso de la paleta (kg)	1,9	1,8	1,8	1,9	0,03
Peso de la pierna (kg)	2,2	2,2	2,1	2,1	0,02
Peso del frenched rack (kg)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,04

Figura 1. Relación n6/n3 y AGP/AGS para cada tratamiento.



La fuerza de corte fue similar en todos los tratamientos (2,7 a 3,0 kgF)