

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA ESQUILA TEMPRANA DURANTE LA
GESTACIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO DE LA PROGENIE**

por

Carlos Rafael LÓPEZ MAZZ

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Doctor en Ciencias Agrarias

**MONTEVIDEO
URUGUAY
Marzo 2021**

Tesis aprobada por el tribunal integrado por el Ing. Agr. PhD Daniel Fernández Abella, la Ing. Agr. PhD Marcela Cueto y la Dra. PhD Albina Sanz, el (día) del (mes) de (año).
Autor: Dr. MSc Carlos López Mazz. Directora Dra. PhD Georgget Banchero, Co-directora Ing. Agr. PhD Graciela Quintans.

Para Victoria y Rodrigo

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento y gratitud a mi tutora la Dra. Georgget Banchemo por su orientación, asesoramiento, paciencia y estímulo permanente durante este largo período de trabajo. También quiero agradecer especialmente a mi co-tutora la Ing. Agr. Graciela Quintans por su ayuda, cooperación y consejos. Al Ing. Agr. Fernando Baldi quien me brindó con mucha paciencia, toda su experiencia y conocimiento para poder completar los análisis estadísticos. Para mí ha sido un verdadero privilegio trabajar con ellos y haber compartido su capacidad profesional y su gran calidad humana.

Quiero agradecer al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, que generosamente me permitió utilizar las instalaciones y los animales de la Unidad de Ovinos de la Estación Experimental “La Estanzuela” para realizar los experimentos. Un reconocimiento muy especial al Dr. Daniel Carbo, Damián González, Alberto García, Néstor Sanguinetti y Rosina da Rosa que me ayudaron en el cuidado y manejo de los animales experimentales, y en la recolección de datos.

Mi gratitud a la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, y en especial al Departamento de Producción Animal por el apoyo que me brindaron durante el extenso período de trabajo.

Un agradecimiento especial a todos los estudiantes que me ayudaron en las largas jornadas de trabajo, en especial a Hernán Bueno, Gastón Ruete, Ana Pía Sánchez, Leticia Hornes y Javier López.

A mis compañeros del Grupo Disciplinario de Fisiología y Reproducción Animal.

A la Dra. Raquel Pérez Clariget porque ella también es parte de este trabajo.

A Mariel por compartir tanta lluvia y tantos soles, siempre juntos en el camino.

A Victoria y Rodrigo mis queridos compañeros de viaje

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	X
SUMMARY.....	XI
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
1.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	6
• HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	6
1.2. OBJETIVO GENERAL.....	7
• OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.3. PROPUESTA DE LA TESIS.....	8
1.4. ANTECEDENTES.....	9
1.4.1. <u>Producción ovina en sistemas pastoriles</u>	9
1.4.2. <u>Desarrollo y crecimiento fetal</u>	10
1.4.2.1. Organogénesis.....	11
1.4.2.2. Sistema reproductor y eje hipotálamo-hipófisis.....	12
1.4.2.3. Desarrollo del músculo esquelético durante la etapa fetal...	13
1.4.2.4. Desarrollo del sistema inmune en el feto.....	13
1.4.2.5. Desarrollo y función de la placenta.....	14
1.4.3. <u>Factores que afectan la supervivencia neonatal de los corderos</u> ...	16
1.4.3.1. Peso al nacimiento y tamaño de camada.....	16
1.4.3.2. Comportamiento materno-fetal y vigor de los corderos al parto.....	17

1.4.4. <u>Programación del desarrollo y comportamiento de la</u>	
descendencia a lo largo de la vida.....	19
1.4.4.1. Ambiente prenatal y comportamiento posnatal.....	20
1.4.4.2. Programación del desarrollo fetal.....	21
1.4.5. <u>Efecto de la esquila durante la gestación</u>	24
1.4.5.1. La importancia del momento de la esquila.....	24
1.4.5.2. Esquila en el último tercio de la gestación.....	25
1.4.5.3. Esquila a mitad de gestación.....	26
1.4.5.4. Esquila durante el primer tercio de la gestación.....	28
1.4.5.5. Efecto de la esquila sobre el tamaño y la función de la	
placenta.....	29
1.4.5.6. Efecto de la esquila sobre la duración de la gestación.....	30
1.4.5.7. Cambios metabólicos y hormonales debido a la esquila.....	30
2. <u>EFFECTO DE LA ESQUILA EN EL PRIMER TERCIO DE GESTACIÓN</u>	
<u>SOBRE EL PESO AL NACIMIENTO Y LA SUPERVIVENCIA DE LOS</u>	
<u>CORDEROS NACIDOS DE PARTOS ÚNICOS Y MELLIZOS</u>	32
2.1. SHEARING EWES IN THE FIRST THIRD OF GESTACIÓN	
IMPROVES OFFSPRING PERFORMANCE.....	32
2.1.1. <u>Abstract</u>	33
2.1.2. <u>Introduction</u>	33
2.1.3. <u>Materials and methods</u>	34
2.1.4. <u>Results</u>	35
2.1.5. <u>Discussion</u>	36
2.1.6. <u>References</u>	38

3. <u>EFFECTO DE LA ESQUILA EN EL PRIMER TERCIO DE LA GESTACIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO, EL DESARROLLO Y EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO, Y LA RESPUESTA AL DESAFÍO PARASITARIO DE LOS CORDEROS Y CORDERAS DESDE EL DESTETE Y HASTA LOS 18 MESES DE EDAD</u>	40
3.1. EFFECT OF EARLY SHEARING DURING GESTATION ON THE PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE BEHAVIOR OF FEMALE SHEEP OFFSPRING IN THEIR FIRST 18 MONTHS OF AGE.....	40
3.1.1. <u>Abstract</u>	41
3.1.2. <u>Implications</u>	41
3.1.3. <u>Introduction</u>	41
3.1.4. <u>Materials and methods</u>	42
3.1.5. <u>Results</u>	45
3.1.6. <u>Discussion</u>	46
3.1.7. <u>References</u>	47
3.2. SHEARING IN THE FIRST THIRD OF GESTATION INCREASES BODY WEIGHT OF SINGLE OR TWIN BORN MALE PROGENY BETWEEN WEANING AND 18 MONTHS OF AGE	49
3.2.1. <u>Abstract</u>	50
3.2.2. <u>Resumen</u>	51
3.2.3. <u>Introduction</u>	52
3.2.4. <u>Materials and methods</u>	54
3.2.5. <u>Results</u>	59
3.2.6. <u>Discussion</u>	66
3.2.7. <u>References</u>	69
4. <u>DISCUSIÓN GENERAL Y CONCLUSIONES</u>	74
4.1. EFECTOS A CORTO PLAZO DE LA ESQUILA EN EL PRIMER TERCIO DE LA GESTACIÓN	74

4.2. EFECTOS A LARGO PLAZO DE LA ESQUILA EN EL PRIMER TERCIO DE LA GESTACIÓN.....	79
4.3. PERSPECTIVAS PARA FUTUROS ESTUDIOS.....	83
4.4. CONCLUSIONES.....	84
5. <u>BILIOGRAFÍA</u>	86
6. <u>ANEXOS</u>	104
6.1. EFECTO DE LA ESQUILA PREPARTO EN BORREGAS SOBRE LA PERFORMANCE DE LA PROGENIE AL PARTO.....	104
6.2. EFFECT OF EARLY SHEARING ON THE PRODUCTIVE PERFORMANCE OF OFFSPRING IN THEIR FIRST 18 MONTHS OF AGE.....	105
6.3. LA ESQUILA A LOS 50 DÍAS DE GESTACIÓN DE OVEJAS EN PASTOREO AFECTÓ POSITIVAMENTE EL PESO CORPORAL PERO NO LOS PARÁMETROS REPRODUCTIVOS Y DE SALUD DE LOS CORDEROS MACHOS DURANTE LOS PRIMEROS 18 MESES DE EDAD.....	106
6.3.1. <u>Resumen</u>	106
6.3.2. <u>Introducción</u>	107
6.3.3. <u>Materiales y Métodos</u>	108
6.3.4. <u>Resultados</u>	111
6.3.5. <u>Discusión</u>	112
6.3.6. <u>Conclusiones</u>	113
6.3.7. <u>Bibliografía</u>	113
6.4. EFECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, REPRODUCTIVO Y LA RESPUESTA AL DESAFÍO PARASITARIO EN CORDERAS CUYAS MADRES FUERON ESQUILADAS A LOS 50 DÍAS DE GESTACIÓN.....	116
6.4.1. <u>Resumen</u>	116

6.4.2. <u>Introducción</u>	117
6.4.3. <u>Materiales y Métodos</u>	118
6.4.4. <u>Resultados</u>	122
6.4.5. <u>Discusión</u>	122
6.4.6. <u>Conclusión</u>	123
6.4.7. <u>Bibliografía</u>	124
6.5. EFECTO DE LA ESQUILA PREPARTO TEMPRANA SOBRE LA EDAD A LA PUBERTAD EN CORDEROS ÚNICOS Y MELLIZOS.....	127
6.6. EFECTO DE LA ESQUILA EN EL PRIMER TERCIO DE GESTACIÓN SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN CORDEROS ÚNICOS Y MELLIZOS A LOS 12 Y 14 MESES DE EDAD.....	128

RESUMEN

La investigación ha mostrado las interesantes contribuciones de la esquila durante la gestación media o tardía sobre el desempeño de los corderos desde el nacimiento hasta el destete. Sin embargo, no hay información sobre los efectos de la esquila en el primer tercio de la preñez, sobre el bienestar y la productividad de la descendencia en la vida adulta. El objetivo de este estudio fue investigar si la esquila durante el primer tercio de la gestación, en una ventana de tiempo crítica para el desarrollo de la placenta y del feto, puede influenciar el peso vivo al parto y al destete y la supervivencia de los corderos. Adicionalmente se estudió si la esquila en el primer tercio de gestación es capaz de programar modificaciones metabólicas y fisiológicas en el feto que afecten el crecimiento, la salud y el desempeño reproductivo en la vida adulta de la descendencia. La esquila en el primer tercio de la gestación aumentó significativamente el peso al nacer de los corderos nacidos únicos ($P = 0.004$) y mellizos ($P = 0.05$). El mayor peso al destete ($P < 0.0001$) estuvo relacionado con la mayor ganancia diaria de peso vivo ($P < 0.0001$) en el período nacimiento-destete. La extensión del período de gestación ($P < 0.0001$) explico solo el 56% y el 87% (únicos y mellizos) del incremento del peso vivo total al parto. Los corderos mellizos de ovejas esquiladas preparto intentaron ($P = 0.004$) y lograron mamar antes ($P = 0.0004$) que los corderos controles. El mayor vigor al parto, junto con el mayor peso al destete, pueden explicar la mayor ($P = 0.04$) tasa de supervivencia. La esquila preparto temprano no afectó el peso vivo de las corderas desde el destete y hasta los 18 meses de edad. Sin embargo, el recuento de huevos de parásitos gastrointestinales por gramo de materia fecal ($P = 0.07$), como el índice de Famacha ($P = 0.02$) fueron significativamente más bajos que en los controles. La esquila preparto afectó el peso vivo de los corderos ($P = 0.02$), aunque, no hubo diferencias en la respuesta al desafío parasitario. La esquila preparto no afectó ninguna de las variables reproductivas estudiadas en las corderas y los corderos. Los resultados de esta tesis demuestran que la esquila en el primer tercio de la gestación es una técnica capaz de afectar a corto y a largo plazo el desempeño productivo de la descendencia.

Palabras claves: esquila, producción, reproducción, descendencia, ovejas

EFFECT OF EARLY SHEARING DURING GESTATION ON THE PERFORMANCE OF THE PROGENIE

SUMMARY

Research has shown the interesting contributions of shearing during mid or late gestation on the performance of lambs from birth to weaning. However, there is no information on the effects of shearing in the first third of pregnancy, on the well-being and productivity of the offspring in adult life. The aim of this study was to investigate whether shearing during the first third of gestation, in a critical time window for the development of the placenta and the fetus, can influence the live weight at parturition, weaning and the survival of the lambs. Additionally, it was studied whether shearing in the first third of gestation is capable of programming metabolic and physiological modifications in the fetus that affect the growth, health and reproductive performance in the adult life of the offspring. Shearing in the first third of gestation significantly increased birth weight of single lambs ($P = 0.004$) and twins ($P = 0.05$). The higher weaning weight ($P < 0.0001$) was related to the higher daily live weight gain ($P < 0.0001$) in birth-weaning period. The extension of the gestation period ($P < 0.0001$) explained only 56% and 87% (single and twins) of the increase in total live weight at lambing. Twin lambs from prepartum shorn ewes attempted ($P = 0.004$) and succeeded in suckling earlier ($P = 0.0004$) than control lambs. The greater vigor at lambing, together with the greater weight at weaning, may explain the higher ($P = 0.04$) survival rate. Early prepartum shearing did not affect live weight of ewe lambs from weaning to 18 months old. However, the gastrointestinal parasite egg counts per gram of fecal matter ($P = 0.07$), as well as the Famacha index ($P = 0.02$) were significantly lower than in controls. Prepartum shearing affected live weight of male lambs ($P = 0.02$), although there were no differences in the response to the parasitic challenge. Prepartum shearing did not affect any of the reproductive variables studied in ewes and male lambs. The results of this thesis show that shearing in the first third of gestation is a technique capable of affecting the productive performance of the offspring in the short and long term.

Keywords: shearing, production, reproduction, offspring, ewes

1. INTRODUCCIÓN

La producción ovina ha tenido una destacada participación en el desarrollo económico y social de la agropecuaria de nuestro país (Barrán, 1974). El pastoreo directo sobre pasturas nativas ha sido el ambiente natural en el cual se han criado las ovejas, en una actividad marcadamente estacional (relación horas luz-oscuridad), tanto en términos del comportamiento reproductivo (Goldman, 2001), como de la producción y calidad del forraje (Berretta y Bemhaja, 1997).

El final de la década de los noventa marcó un punto de inflexión en la producción ovina nacional, el estancamiento primero y luego la pronunciada caída de los precios internacionales de la lana, dio paso a nuevas alternativas productivas que pudieran complementar la producción de lana. En este contexto, la producción de carne ovina de calidad se presentó como una alternativa de diversificación y estímulo para los productores ovinos, complementaria a la producción de lana (Azzarini, 2003).

El éxito productivo y económico de estos sistemas de producción, exige de una gran eficiencia en todos los procesos que sustentan la producción de carne de calidad, como son la precocidad sexual, la fertilidad de ovejas y carneros, la prolificidad y especialmente la supervivencia de los corderos al destete (Martin et al., 2004). La mejora en la tasa de supervivencia de los corderos se ha asociado con una mejora en el peso vivo al nacimiento (Dalton et al., 1980; Hinch et al., 1985), con el rápido consumo de calostro después del parto (Banchero et al., 2009), con la madurez metabólica y endocrina de los corderos al nacimiento (Miller et al., 2010) y con un mayor vigor de los corderos en la primera hora de vida (Banchero et al., 2010). La combinación de estos factores puede contribuir con el establecimiento de un rápido y exitoso vínculo entre la madre y el cordero después del parto (Dwyer et al., 2016).

Para las diferentes especies de animales de interés productivo existe un peso óptimo en el cual la supervivencia neonatal es maximizada. Dalton et al. (1980), reportaron que cuando el peso al nacimiento se encuentra por encima de 5,5 kg o por debajo de 3,5 kg las probabilidades de supervivencia de los corderos al parto y al destete pueden disminuir. Por encima del umbral superior del rango de peso, pueden ocurrir pérdidas

por distocia o pérdidas por inanición-exposición cuando los corderos se encuentran por debajo del umbral mínimo de peso vivo (McCutcheon et al., 1981). Por tanto, cualquier estrategia tecnológica o de manejo (nutricional) que pueda incrementar y mantener el peso de los corderos al nacimiento dentro de ese rango de peso vivo (3,5 a 5,5 kg), va a ser beneficioso para la supervivencia de los corderos.

Existe una fuerte asociación entre la esquila durante la gestación y el peso al nacimiento, tanto en los corderos nacidos de partos únicos como mellizos. Por lo cual, la esquila durante la gestación ha mostrado ser una técnica eficaz para mejorar la supervivencia de los corderos (Kenyon et al., 2003; Banchero et al., 2007). Existen evidencias, de que los corderos nacidos de ovejas esquiladas durante la gestación, tienen mayor peso vivo y mejor comportamiento al parto (Kenyon et al., 2003; Banchero et al., 2010) que los corderos nacidos de ovejas esquiladas después del parto.

Sin embargo, el momento de la gestación en el cual se realiza la esquila parece tener consecuencias productivas y económicas diferentes. Black y Chestnutt, (1990), Morris y McCutcheon, (1997) y Banchero et al. (2010) reportaron que el intervalo de tiempo entre la esquila y el momento del parto, puede afectar de manera diferente la respuesta en el incremento de peso al nacimiento de los corderos.

Se ha observado que cuando las ovejas en condiciones de pastoreo son esquiladas en el último tercio de la gestación, los efectos sobre el peso al nacimiento de los corderos no han sido consistentes (Cloete et al., 1994). Después del retiro del vellón, las ovejas quedan expuestas al frío, se incrementa la pérdida de calor corporal en un momento de escasa oferta de forraje y disminución en la capacidad del rumen debido al incremento en el peso del o los fetos, lo cual puede afectar cualquier intento de incrementar el peso al nacimiento y la supervivencia neonatal de los corderos (Kenyon et al., 2003; Murphy et al., 2018). Por el contrario, puede aumentar el riesgo de vida de las ovejas, cuando la esquila coincide con condiciones climáticas adversas.

Por otra parte, la esquila durante el invierno a mitad de gestación (60-90 días) de ovejas en pastoreo, ha mostrado efectos positivos en el peso de los corderos al nacimiento (Morris et al., 2000; Revell et al., 2002) y en la tasa de supervivencia al destete

(Banchero et al., 2010; De Barbieri et al., 2018), en relación con aquellos cuyas madres no fueron esquiladas. Sin embargo, la combinación del estrés por frío debido a la esquila durante el invierno, y la escasa disponibilidad de pasturas debido a la época del año (Boggiano et al., 2005), puede requerir de un aumento en la producción de calor metabólico para mantener la homeostasis energética corporal (Revell et al., 2002). La producción de calor corporal depende en gran medida de las reservas de tejido adiposo, y es probable, que durante el invierno las reservas corporales de las ovejas pastoreando pasturas naturales se agoten rápidamente. Esta situación puede conducir a las ovejas a un balance energético negativo, y por tanto, la energía que inicialmente pudiera estar disponible para la placenta y el feto en crecimiento, se puede reducir, y así, comprometer el desarrollo fetal (Kenyon et al., 2003). En estas condiciones, se ha demostrado que el feto modula su propio crecimiento y desarrollo, ajustándolo al flujo de nutrientes que llegan a través de la placenta (Gluckman et al., 2005).

La esquila durante el invierno siempre representa un estrés al cual las ovejas responden con cambios en el comportamiento (Ungerfeld et al., 2018) y en el metabolismo (Symonds et al., 1986; Sherlock et al., 2003; Carcangiu et al., 2008). Se ha reportado que los mecanismos de adaptación metabólica en respuesta a las señales ambientales pueden direccionar los nutrientes y la energía hacia los órganos y tejidos de mayor importancia para la supervivencia del feto (Gluckman et al., 2005). Estos cambios metabólicos pueden manifestarse por un incremento en la concentración de sustratos energéticos y proteicos en la circulación plasmática materna (Symonds et al., 1988; Rosales Nieto et al., 2019) y fetal (Cloete et al., 1994). Ehrhardt y Bell (1995) reportaron que el crecimiento y desarrollo fetal, y en consecuencia el peso al nacer de los corderos, está influenciado por la disponibilidad de los nutrientes que alcanzan la unidad fetoplacentaria.

En la literatura se registra una cantidad bastante menor de trabajos de esquila en el primer tercio de la gestación, aunque en todos los casos las ovejas estuvieron manejadas en condiciones de pastoreo. Esta etapa de la preñez, se caracteriza por ser un período de intensa multiplicación y proliferación celular y vascular de la placenta

(Kelly, 1992; Ehrhardt y Bell, 1995), que coincide con la formación de los diferentes órganos y tejidos (organogénesis) del feto en desarrollo. Morris et al. (2000) y Sphor et al. (2011) han mostrado resultados variables sobre el peso al nacimiento, aunque en ninguno de los trabajos se estudió el efecto de la esquila sobre la supervivencia de los corderos.

Hasta la fecha, la mayoría de los trabajos de investigación sobre la esquila durante la gestación, han focalizado el estudio en el período desde el nacimiento hasta el destete, sin considerar, los efectos desde el momento del destete en adelante. Por otra parte Hyttel et al. (2010) han demostrado que en el primer tercio de la gestación, se establecen las bases celulares y moleculares de los órganos y tejidos fetales que luego van a formar la estructura y la fisiología del organismo. Esto puede ser particularmente interesante para la esquila en el primer tercio de la gestación, dado que la organogénesis y el crecimiento del feto y la placenta tienen lugar en este momento, lo cual puede influir positivamente en la función de los órganos y tejidos durante la vida adulta de la descendencia.

Existe información que sugiere que el comportamiento de los animales después del nacimiento, está relacionado con la trayectoria del crecimiento durante la vida fetal y posnatal temprana (Bateson et al., 2004; Rooke et al., 2015). Hay evidencias, de que las condiciones del ambiente uterino en las cuales se desarrolla el feto, puede determinar las características del desempeño de los individuos en la vida adulta (Evans et al., 2016). El proceso por el cual, estímulos o insultos de diferente tipo, magnitud y duración aplicados en momentos críticos del desarrollo del embrión y del feto que producen efectos permanentes en la descendencia se ha asociado con el concepto de “programación” (Barker y Clark, 1997).

Hasta donde sabemos, la programación del desarrollo fetal se altera bajo condiciones de restricción de nutrientes para la placenta y el feto (Lucas, 1998; Reynolds et al., 2010). En circunstancias nutricionales adversas, durante etapas críticas de la gestación, se han reportado cambios en el crecimiento y desarrollo (Du et al., 2010), en la respuesta inmunitaria (Cronjé, 2003), así como en el comportamiento reproductivo (Gunn et al., 1995; Rae et al., 2002) de la progenie. Rhind et al. (2001) mencionaron

la gran sensibilidad del feto y la placenta a la acción de señales ambientales y nutricionales durante los primeros dos tercios de la gestación. Estos estudios revelan la plasticidad de los diferentes sistemas del organismo en desarrollo, para cambiar su estructura y su funcionamiento a lo largo de la vida en respuesta a diferentes ambientes en la vida temprana (Kenyon y Blair, 2014). La pregunta que surge es si la esquila en el primer tercio de la gestación, en condiciones de una mejor nutrición y en una ventana de tiempo crítica para el desarrollo fetal, puede influir positivamente en la programación de los diferentes sistemas del organismo de la descendencia.

Los efectos de la esquila preparto sobre el peso vivo de los corderos se han asociado con una mayor capacidad de la madre para suministrar nutrientes al feto en crecimiento, a través de cambios en el tamaño y el peso de la placenta (Black y Chestnut, 1990; Morris y McCutcheon, 1997). Sin embargo, los resultados no han sido consistentes, mientras Montossi et al. (2005) y Banchemo et al. (2010) observaron un aumento en el peso de la placenta, Revell et al. (2002) y de Barbieri et al. (2018) no reportaron diferencias. Por otra parte, Vonnahme et al. (2013) mencionan que el peso de la placenta no es un buen indicador de la función vascular placentaria y de la tasa de intercambio de nutrientes entre la madre y el feto.

En las ovejas, la placenta crece activamente durante los primeros 80 días de la gestación (Kelly, 1992). De esta manera, la esquila en el primer tercio de la gestación coincide con un período de intensa proliferación celular y vascular (Grazul-Bilska et al., 2011) y en consecuencia, con un aumento del flujo sanguíneo placentario (útero-umbilical) (Reynolds et al., 2010). Estos cambios pueden proporcionar una mayor cantidad de sustratos energéticos (Reynolds y Redmer, 1995) y dar lugar a mejores resultados en relación con aquellos de esquilas realizadas a mitad o tarde en la gestación.

Estas consideraciones plantean varias interrogantes: el efecto combinado de la esquila temprana en ovejas pastoreando *ad libitum* pasturas mejoradas, en condiciones de clima menos adverso y en un momento de intenso desarrollo y alta sensibilidad de la placenta y el feto, puede cambiar el patrón de desarrollo vascular, modificar la

intensidad del flujo útero-placentario, y así proveer de mayor cantidad de nutrientes a la placenta y al feto, y en consecuencia afectar el peso de los corderos al parto?. Adicionalmente, ¿la esquila temprana puede afectar el peso de los corderos al parto y al destete y así incrementar la supervivencia al destete?

Teniendo en cuenta, que los mecanismos de respuesta adaptativos al entorno ambiental durante los períodos críticos o sensibles del desarrollo fetal pueden programar la estructura o función del organismo a largo plazo, una interrogante que surge es: si estas respuestas metabólicas y hormonales que ocurren en la madre y en el feto inducidos por la esquila temprana, puede mejorar el crecimiento, la salud y el desempeño reproductivo de la descendencia desde el destete en adelante. ¿Por otra parte, la respuesta del organismo en etapas tempranas del desarrollo a los efectos de la esquila temprana será diferente según el sexo de los corderos o sean estos nacidos de partos únicos o mellizos? En el desarrollo de esta investigación intentaremos responder estas preguntas. Por lo tanto, en esta tesis la siguiente hipótesis fue testada:

1.1. HIPÓTESIS GENERAL

La esquila de ovejas durante el primer tercio de la gestación pastoreando *ad libitum* pasturas mejoradas, puede incrementar el peso de los corderos al parto y al destete, mejorar el vigor al nacimiento y la supervivencia al destete de los corderos, e influenciar positivamente el crecimiento, la salud y el comportamiento reproductivo de la descendencia desde el destete y hasta los 18 meses de edad.

• HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La esquila en el primer tercio de gestación de ovejas manejadas en pasturas mejoradas aumenta el peso al nacimiento y al destete de los corderos y mejora el vigor y la supervivencia de los corderos al destete.

- El crecimiento, la salud y el comportamiento reproductivo de las corderas desde el destete y hasta los 18 meses de edad está influenciado positivamente por la esquila de las ovejas en el primer tercio de gestación.

- La esquila en el primer tercio de la gestación mejora la respuesta de las corderas al desafío parasitario de parásitos gastrointestinales en el período desde el destete y hasta los 18 meses de edad.
- La esquila durante el primer tercio de gestación puede influir en el crecimiento y en el desarrollo reproductivo de los corderos desde el destete en adelante.

1.2. OBJETIVO GENERAL

El objetivo fue determinar si la esquila en el primer tercio de la gestación de ovejas gestando un solo cordero o mellizos y pastoreando pasturas mejoradas, mejora el peso y el comportamiento de los corderos al parto, y el desempeño productivo y reproductivo de la descendencia del destete hasta los 18 meses de vida.

• OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si la esquila en el primer tercio de la gestación induce diferencias en el peso al parto y al destete y en el vigor y la supervivencia al nacimiento de los corderos nacidos únicos y mellizos respecto a los corderos nacidos de ovejas que permanecieron con el vellón (Capítulo 2.1).
- Determinar si la respuesta en el peso al nacimiento puede explicarse por un cambio en la condición corporal de la oveja a la esquila en el primer tercio de la gestación (Capítulo 2.1).
- Comparar la edad a la pubertad y la tasa ovulatoria de las corderas únicas y mellizas de ovejas esquiladas pre y postparto (Capítulo 3.1).
- Evaluar la respuesta al desafío parasitario desde el destete y hasta los 18 meses de edad en corderas nacidas de ovejas esquiladas pre y postparto (Capítulo 3.1).
- Examinar si existe diferencia en la evolución del peso y desarrollo corporal, entre los corderos de ovejas esquiladas temprano en la gestación o después del parto durante los primeros 18 meses de vida (Capítulo 3.2).
- Comparar el peso testicular y de los epidídimos, la edad a la pubertad, y la estructura histológicas del parénquima funcional entre corderos nacidos de ovejas esquiladas pre y postparto (Capítulo 3.2).

1.3. PROPUESTA DE LA TESIS

La esquila de ovejas en pastoreo durante la mitad de la gestación puede conducir a un incremento en el peso de los corderos al nacimiento. Sin embargo, en muchas ocasiones, las bajas temperaturas ambientales, la variabilidad en la producción de la pastura natural, el grado de reservas corporales de las ovejas, y el estado de desarrollo de la unidad feto-placentaria determinan que las respuestas no sean consistentes.

Por otra parte, la esquila durante el primer tercio de la gestación (fin de otoño), cuando la placenta y el feto se encuentran en pleno crecimiento y desarrollo, pueden beneficiarse de las condiciones ambientales menos adversas y de una oferta nutricional no limitante en cantidad y calidad de forraje. Estas condiciones pueden crear un ambiente intrauterino óptimo para un adecuado desarrollo fetal. De esta manera, una parte importante del incremento del consumo post-esquila destinado en un principio para la producción de calor corporal, puede ser dirigido al crecimiento y desarrollo fetal. Los efectos combinados de un mejor clima y una mejor nutrición, asociado con los cambios metabólicos y hormonales debidos a la esquila, en una ventana de tiempo crítica para el desarrollo de tejidos y órganos fetales y los cambios placentarios, pueden programar modificaciones estructurales y metabólicas en el feto en desarrollo que cambien el comportamiento a largo plazo de la descendencia.

La estructura de esta tesis junto con los antecedentes, discusión general y anexos, responden a una línea central de investigación que estudia el efecto de la esquila en el primer tercio de la gestación en ovejas pastoreando *ad libitum* pasturas mejoradas, sobre el desempeño de la descendencia. El primero de los tres artículos realizados en el marco de este proyecto de investigación, estudió el efecto de la esquila temprana sobre el peso al nacimiento y al destete, y el vigor en la primera hora de vida y su relación con la supervivencia de los corderos (Capítulo 2.1). En el segundo artículo abordamos el efecto de la esquila en la gestación temprana sobre el crecimiento, la salud y el desarrollo reproductivo en corderas desde el destete y hasta los 18 meses de edad (Capítulo 3.1). Finalmente, en el tercer artículo estudiamos la respuesta

productiva y reproductiva desde el destete y hasta los 18 meses de edad en corderos nacidos de ovejas esquiladas en el primer tercio de gestación (Capítulo 3.2).

1.4. ANTECEDENTES

1.4.1. Producción ovina en sistemas pastoriles

En el Uruguay, los ovinos pastorean pasturas naturales durante la mayor parte de su ciclo productivo. El ciclo anual de la producción de forraje está influenciado por el clima y las horas luz, de manera que las variaciones climáticas tan frecuentes dentro (entre estaciones) y entre años, van a influir en alta variabilidad anual e interanual de la cantidad de pasturas producidas (Berretta y Bemhaja, 1997).

Para la mayoría de las razas ovinas que se crían en nuestro país, la estación de cría se extiende desde finales de noviembre y diciembre hasta el mes de junio, aunque los servicios se concentran en el otoño (marzo-abril) de manera de aprovechar la mayor oferta y calidad del forraje y así, promover un incremento en la prolificidad (Banchero et al., 2013). De esta manera, las pariciones estarían comenzando a partir de los meses de agosto y setiembre. En consecuencia, el último tercio de la gestación va a coincidir con el invierno o el inicio de la primavera, cuando el crecimiento y disponibilidad de las pasturas suele ser bajo, y los requerimientos energéticos y proteicos de las ovejas son elevados. Esta escasa oferta de forraje, puede comprometer el inicio y la performance de la lactación, debido a los altos requerimientos energéticos que implica la producción de leche para la oveja.

En la zona de basalto y cristalino, donde se encuentra el 80% de las ovejas de cría (DIEA, 2018), la tasa de crecimiento invernal de las pasturas naturales es mínima, contribuyendo en promedio apenas con el 13% de la producción total en un ciclo anual (Berretta y Bemhaja, 1997). En esas circunstancias, es posible que la disponibilidad y la calidad de nutrientes ofrecida a la madre y al feto, no sean suficientes para satisfacer los requerimientos para mantenimiento y gestación avanzada (Robinson et al., 1999). La oferta limitante de nutrientes en esta etapa de la gestación, puede inducir una reducción del crecimiento y desarrollo fetal, afectar el peso del cordero al parto, la

producción de calostro y en consecuencia las posibilidades de supervivencia futura de los corderos (Oldham et al., 2011).

1.4.2. Desarrollo y crecimiento fetal

En las ovejas, a partir del momento de la implantación (16 a 20 días después de la fertilización) comienza en el embrión, un intenso proceso de multiplicación, diferenciación y maduración celular, el cual es completado en su totalidad durante la vida uterina. Simultáneamente con este proceso, también inicia su desarrollo la placenta y la circulación útero-fetal (Hyttel et al., 2010). El crecimiento de la placenta, el desarrollo de los cotiledones y el flujo adecuado de sangre a la placenta y al embrión, serán responsables de la alimentación que va a recibir el embrión y el feto durante los meses de vida intrauterina (Kelly, 1992). Entre el día 30 y 70 de vida embrio-fetal se sientan las bases celulares y fisiológicas del desarrollo de los órganos que van a formar el aparato reproductor, el sistema inmunitario, el desarrollo de la glándula mamaria y el músculo esquelético del nuevo organismo, determinando en este momento las características del desempeño de los animales en la vida adulta (Borwick et al., 1997; Hyttel et al., 2010; Du et al., 2010; Liu et al., 2015).

Hay evidencias, de que la nutrición de la madre, el genotipo, número y sexo de los corderos, factores y hormonas de crecimiento fetales y placentarios, así como el estrés por calor o frío, pueden afectar el crecimiento fetal (Gicquel y Le Bouc, 2006). En la oveja, la placenta crece activamente en los primeros 80 días de gestación (Ehrhardt y Bell, 1995) quedando establecido a los 60 días de la preñez el número definitivo de placentomas (Kelly, 1992). A pesar de que los requerimientos energéticos son bajos en la gestación temprana, se ha demostrado que el embrión y luego el feto, ya son sensibles a la acción de bajos niveles de alimentación materna (Kelly, 1992). Durante los primeros 50 días de gestación el feto crece apenas un 15% de su tamaño final. Inspirados en esto, es una práctica común de los productores ovinos diferir el crecimiento de las pasturas del otoño para etapas más avanzadas de la gestación (invierno), en el entendido que son momentos de escaso desarrollo fetal y por tanto de bajos requerimientos. Sin embargo, una nutrición subóptima en esta etapa de la

gestación puede potencialmente afectar el crecimiento diferencial de la placenta, y su capacidad de transferencia de nutrientes (madre-feto) y así, comprometer el crecimiento y desarrollo fetal durante etapas más avanzadas de la gestación, incluso, durante el período postparto (Ehrhardt y Bell, 1995).

Existen evidencias, de que el primer tercio de la gestación representa un momento crítico en el desarrollo del feto y la placenta. Gluckman y Hanson (2004) han reportado, que la normalidad de este desarrollo se puede alterar cuando los individuos se exponen tempranamente a alteraciones nutricionales y/o ambientales. En estas circunstancias, el organismo ha demostrado tener un papel activo en las respuestas adaptativas, priorizando en algunos casos su propia supervivencia y determinando así el comportamiento futuro de la descendencia. Esta plasticidad estructural y funcional de tejidos y órganos en desarrollo, en respuesta a la variabilidad ambiental en la vida temprana, puede resultar en una importante variedad de fenotipos de la descendencia que se van a adaptar a diferentes condiciones en la vida futura (Gluckman et al., 2005).

1.4.2.1. Organogénesis

Existen evidencias de que el desempeño productivo y la salud de la descendencia pueden estar afectados por las características de la nutrición durante la vida fetal. Para poder comprender los efectos del ambiente y la nutrición a corto y largo plazo en el desempeño de los animales, es preciso conocer el desarrollo de los órganos y tejidos del feto en las diferentes etapas de la gestación.

1.4.2.2. Sistema reproductor y eje hipotálamo-hipófisis

La gran mayoría de los órganos y tejidos que van a formar parte del sistema reproductivo inician su desarrollo en el primer tercio de la gestación. Las células germinales primordiales que dan origen a las células sexuales definitivas (ovogénesis) ya están presentes a partir de los 30 días de gestación (Baker, 1972). Entre los 50 y 90 días de gestación, en el ovario fetal ocurren intensos procesos de multiplicación,

diferenciación y degeneración celular, que van a determinar el número final de células germinales disponibles para la reproducción (Eckery et al., 1996). A partir del día 55 de vida fetal, ya es posible observar en la corteza del ovario, oogonias en proceso de mitosis, oocitos en meiosis, folículos primordiales formados (día 75) o en vía de formación y algunos folículos primarios (día 90) (McNatty et al., 1995).

Por otra parte, a partir de los 50 días de gestación, es posible observar las células germinales, las células de Sertoli y de Leydig, así como los túbulos seminíferos que están presentes en el testículo del feto. El número final de las células de Sertoli se completan después del nacimiento y antes de la pubertad (Asmad et al., 2013). Caldani et al. (1995) reportaron que los componentes del eje hipotálamo-hipófisis (H-H) responsables de controlar los procesos reproductivos inician su desarrollo a partir de los 35 días de vida embrionaria.

En las últimas décadas la investigación se concentró en el estudio de los potenciales efectos de la desnutrición materna en etapas tempranas de la gestación, sobre la programación del comportamiento reproductivo en la vida adulta de la descendencia (Robinson et al., 2006). Usando el modelo de restricción nutricional en ovejas durante los primeros 100 días de la preñez, se han reportado alteraciones permanentes en el desarrollo de las gónadas tanto en los machos como hembras (Kenyon y Blair, 2014). El flujo de nutrientes al feto, el ambiente endocrino y los cambios en el eje hipotálamo-hipofisario se han postulado como posibles factores responsables de mediar los efectos de la nutrición sobre el desarrollo y comportamiento reproductivo (Rhind, 2004). En un estudio reciente Smith et al. (2019) demostraron cambios en el patrón de expresión de genes claves en el desarrollo del ovario fetal luego de cambios en la nutrición a los 50 días de gestación.

1.4.2.3. Desarrollo del músculo esquelético durante la etapa fetal

Según Wu et al. (2006) y Du et al. (2010) el músculo esquelético inicia su desarrollo durante el período fetal (primeros 100 días de gestación) y su potencial de crecimiento posnatal va a estar relacionado con el número y tipo de fibras musculares presentes al nacimiento. Por tanto, la vida fetal representa una etapa clave en el proceso de

formación de las células musculares, y su crecimiento, desarrollo y maduración va a estar influenciado por los niveles de nutrientes suministrados al feto durante las diferentes etapas de la gestación (Du et al., 2010; Ithurrealde et al., 2019).

Wu et al. (2006) encontraron evidencias de que la nutrición materna durante la gestación puede programar el desarrollo fetal del músculo esquelético y determinar un crecimiento posnatal reducido, afectando la composición y la calidad de la canal a largo plazo (Du et al., 2010; Piaggio et al., 2017). Estos cambios pueden alterar la calidad de la carne, lo que puede plantear problemas económicos a los diferentes integrantes de la cadena cárnica.

1.4.2.4. Desarrollo del sistema inmune en el feto

El parto constituye un momento crítico para la vida futura del feto. La cría que viene de un medio uterino aséptico, tan pronto como ocurre el nacimiento queda expuesta a un ambiente con una gran cantidad y diversidad de patógenos, determinando una alta susceptibilidad y vulnerabilidad del recién nacido en las primeras semanas de vida. Sin embargo, existen múltiples mecanismos, que forman parte de la respuesta inmune del neonato que lo va a proteger contra las enfermedades (Tizard, 2009).

En los rumiantes, el desarrollo de los órganos del sistema inmunitario comienza temprano en la vida fetal. En los bovinos, entre los 55 y 60 días de gestación ya hay registros del desarrollo del bazo, la médula ósea y los nódulos linfáticos y los linfocitos B, aunque la respuesta inmune celular no está activa hasta el final de la etapa fetal. En los corderos, los nódulos linfáticos se reconocen a los 50 días de gestación, los linfocitos aparecen en la sangre fetal a los 32 días y los linfocitos B a los 42 días en el bazo (Tizard, 2009).

Existen evidencias de que la nutrición (Moore, 1998) y el estrés pueden afectar el sistema inmunológico del feto en desarrollo (Liu et al., 2015). De hecho, Cronjé (2003) sugirió que la nutrición y el estrés durante la gestación pueden influir en la expresión génica del sistema inmune, y que estos efectos pueden persistir durante mucho tiempo en el animal. Rooke et al. (2010) y Paten et al. (2011) informaron de aumentos en el

recuento de huevos de parásitos gastrointestinales en la materia fecal en corderos menores a 1 año de edad nacidos de ovejas restringidas nutricionalmente en la primera mitad de la gestación. Se han reportado respuestas diferenciales en el recuento de huevos de parásitos gastrointestinales en la materia fecal según el momento de la gestación en que ocurre la restricción y el sexo de la descendencia (Paten et al., 2011). Los altos recuentos de huevos de parásitos gastrointestinales en la materia fecal reflejan un desafío parasitario interno y una inadecuada respuesta animal.

1.4.2.5. Desarrollo y función de la placenta

La placenta es un órgano transitorio altamente especializado, que permite el intercambio de gases, sustratos metabólicos y desechos, entre la madre y el feto durante toda la gestación. El crecimiento y desarrollo de la placenta, su capacidad de transferencia de nutrientes, así como la tasa del flujo sanguíneo, aseguran el normal desarrollo, crecimiento y supervivencia embrio-fetal (Reynolds y Redmer, 1995).

En las ovejas, los puntos de intercambio materno-fetal o placentomas (unidad funcional) están formados por las carúnculas (tejido materno) y el cotiledón (tejido fetal). Al nacimiento, entre 80 a 120 carúnculas están distribuidas en la superficie del endometrio uterino de las ovejas aunque, no todas van a terminar formando parte de las unidades funcionales (Kelly, 1992). En las ovejas, la proliferación de los placentomas alcanza un número máximo entre los días 50 y 60 y un peso máximo en los días 75 a 80 de gestación (Ehrhardt y Bell 1995). Los cotiledones crecen de manera exponencial durante la primera parte de la gestación y posteriormente disminuye gradualmente. El máximo tamaño y peso de la placenta y de los cotiledones se alcanza alrededor de los 70 - 90 días de gestación (Kelly, 1992).

En las ovejas, la etapa de crecimiento activo de la placenta coincide con la embriogénesis y organogénesis fetal (Hytell et al., 2010). Hasta los 80 a 90 días de gestación la placenta crece rápidamente y excede la tasa de crecimiento del feto. En este momento el peso del feto representa menos de la mitad del peso de la placenta. Sin embargo, en las últimas 8 semanas de la gestación el peso de la placenta permanece estático o disminuye levemente, mientras que el feto crece exponencialmente

duplicando su tamaño e incrementando en tres cuartas partes de su peso final (Ehrhardt y Bell, 1995).

La eficiencia placentaria está relacionada con el flujo de nutrientes al feto. Por otra parte, el flujo sanguíneo uterino y umbilical, depende en gran parte del desarrollo celular y vascular de la placenta (Bauer et al., 1998). Por tanto, aquellos factores que puedan afectar la estructura y la función vascular de la placenta, pueden afectar el crecimiento y desarrollo fetal y por lo tanto la viabilidad al parto y la supervivencia postparto de los corderos (Vonnahme et al., 2013).

La privación de nutrientes durante la gestación puede afectar el tamaño y la capacidad de transferencia de nutrientes de la placenta al feto. Esto puede influir en el crecimiento y desarrollo fetal, y como consecuencia en el peso al nacimiento y el crecimiento y desarrollo durante la vida posnatal (Funston et al., 2010). Vonnahme et al. (2007) reportaron que la nutrición subóptima en la gestación temprana puede afectar la angiogénesis útero-placentaria y el peso de los placentomas comprometiendo así la función placentaria. Además de la nutrición, la edad de la madre, la temperatura ambiente, la carga fetal y la esquila durante la gestación también han mostrado que pueden afectar significativamente el crecimiento y desarrollo placentario (Banchero et al., 2010).

Existe evidencia, de que algunos componentes del eje somatotrófico del endometrio como los factores de crecimiento similar a la insulina (IGFs) y sus receptores y las proteínas de unión a los IFGs de alta afinidad pueden estar involucrados en los cambios morfológicos de la placenta y el feto, debido al estatus nutricional de la madre (Osgerby et al., 2004). Por otra parte, la expresión de genes de IGF-II se ha asociado con la calidad del transporte de nutrientes desde el sistema materno al fetal (Constância et al., 2002).

1.4.3. Factores que afectan la supervivencia neonatal de los corderos

1.4.3.1. Peso al nacimiento y tamaño de camada

El peso al nacimiento va a determinar en gran medida las expectativas de supervivencia de los corderos. Existe una correlación negativa entre el tamaño de camada y el peso vivo al nacimiento y al destete de los corderos. A medida que aumenta el número de corderos se observa una disminución en el peso al nacer (Kenyon et al., 1999). Los corderos mellizos siempre tienen menor peso al nacimiento que los corderos nacidos de partos únicos aún en condiciones de buena alimentación de sus madres.

Está demostrado, que el período perinatal representa uno de los momentos más críticos en la vida de los corderos y la supervivencia después del nacimiento está muy ligada a la nutrición del complejo madre-feto durante las diferentes etapas de la gestación (Dwyer, 2003). Factores como la nutrición de la oveja, el tamaño de camada, el genotipo de los padres, el sexo, la edad de la madre, así como el largo de gestación, pueden afectar el peso de los corderos al nacimiento y por lo tanto tienen un rol fundamental en la viabilidad después del parto (Fernández Abella et al., 2017). De manera directa o indirecta, todos estos factores pueden interferir con la calidad del vínculo que se establece entre la madre y el cordero inmediatamente después del nacimiento (Dwyer, 2003).

Los corderos de bajo peso al nacer son mucho más susceptibles a la muerte durante el período neonatal que los corderos más pesados. Existe una estrecha relación entre el peso vivo de los corderos al nacimiento y el grado de reservas energéticas de tejido adiposo marrón (TAM). Los corderos más livianos, en especial los mellizos, van a tener menos reservas de TAM y por tanto mayores dificultades para enfrentar las bajas temperaturas ambientales (Stephenson et al., 2001). La mayor área de superficie corporal en relación al peso corporal determina un menor ritmo metabólico por unidad de superficie, siendo menor también la posibilidad de mantener la homeostasis térmica. En estas circunstancias, los corderos pierden calor rápidamente y son más susceptibles a la hipotermia, disminuyendo así sus probabilidades de supervivencia. Por otra parte, Clarke et al. (1997) encontraron que los corderos fueron más pesados y tenían mayor cantidad de TAM al nacimiento, cuando sus madres fueron esquiladas al final de la gestación. Dwyer y Morgan, (2006) sugieren que los corderos más vigorosos y pesados al nacimiento, tienen mayor habilidad para regular la temperatura al parto.

Según Kelly (1992) la nutrición de la madre en niveles inferiores a los requerimientos para mantenimiento y gestación durante los primeros 100 días de la preñez, puede comprometer el desarrollo placentario y alterar el flujo de sustratos energéticos y plásticos al feto y por tanto, afectar el desarrollo y peso final del cordero al parto. Sin embargo, se sabe que la nutrición materna temprano o a mitad de gestación difícilmente influya en el peso al nacer y al destete de los corderos, aunque, puede dar origen a una variación en el fenotipo de la descendencia. En cambio, cuando la privación de nutrientes ocurre en el último tercio de la gestación, claramente se pueden comprometer las reservas energéticas y corporales del cordero al momento del parto (Greenwood et al., 2010).

1.4.3.2. Comportamiento materno-fetal y vigor de los corderos al parto al parto

Existen evidencias de que la supervivencia de los corderos está muy ligada al medio ambiente en el cual se produce el parto y a la rapidez con que se establece el vínculo entre la madre (habilidad materna) y el cordero (vigor). El comportamiento tanto de la madre como del cordero juega un rol clave en la supervivencia de la descendencia. Inmediatamente de producido el parto, la oveja limpia, estimula y reconoce al cordero a través de una intensa actividad de lamido, estableciendo así un fuerte vínculo con su hijo. La experiencia previa de las ovejas, junto con el bajo peso y número de corderos para atender puede afectar el vínculo materno-cordero al momento del parto (Dwyer, 2003).

Por otra parte, el comportamiento de los corderos es clave para su supervivencia. El bajo peso al nacimiento de los corderos debido a una restricción nutricional o una insuficiencia placentaria, puede alterar el comportamiento del recién nacido como consecuencia de alteraciones en el desarrollo neural y en la maduración fisiológica al parto (Dwyer, 2003). La mayoría de los corderos recién nacidos se paran dentro de la media hora luego de ocurrido el parto (Banchero, 2003) iniciando la actividad de mamado dentro de la primera o segunda hora después del nacimiento. La rapidez con la cual el cordero se para, permanece junto a su madre y empieza con los intentos de encontrar la ubre y comenzar a mamar, son indicadores importantes de la

supervivencia futura. Nowak y Poindron (2006) han sugerido que existe una estrecha relación entre el peso al nacimiento y el vigor de los corderos al parto. De esta manera, el bajo peso al nacimiento tanto en corderos únicos como mellizos, puede determinar un mayor tiempo de latencia entre el nacimiento y el comienzo del amamantamiento. De la misma manera, el elevado peso al parto se ha asociado con una demora de los corderos en pararse, encontrar la ubre y comenzar a mamar y así poder soportar las inclemencias del tiempo.

Las condiciones del clima (lluvia, viento y frío) durante el parto, son una de las principales causas de la mortalidad de los corderos. La supervivencia neonatal es altamente dependiente de la capacidad que tenga el cordero de responder rápidamente al estrés térmico ambiental (Plush et al., 2011). En apenas media hora (fase expulsiva del parto), el cordero pasa de la temperatura corporal (intrauterina) de la madre a la temperatura ambiental, un cambio térmico significativo (con un descenso en la temperatura superior a los 10 °C) que pone a prueba la capacidad de regulación térmica del cordero recién nacido. Para superar este primer estrés térmico el cordero debe rápidamente comenzar a producir calor corporal para recuperar la homeostasis térmica. Los corderos tienen mecanismos corporales adaptados para producir rápidamente calor a través del temblor muscular y después a partir de la oxidación de sus reservas energéticas, constituidas fundamentalmente por el tejido adiposo marrón (TAM) (Symonds et al., 2013). Sin embargo, este incremento de la producción de calor puede agotar rápidamente sus reservas corporales y conducirlo a la inanición a menos que el cordero tenga el vigor suficiente para pararse y comenzar a mamar rápidamente.

Por otro parte y casi simultáneamente, el cordero debe afrontar una brusca transición en su alimentación ya que, deja de recibir los nutrientes de la madre a través de la placenta para tener que adaptarse rápidamente a una nueva fuente de alimento (calostro y leche) que ahora tendrá que conseguir por sus propios medios. El calostro y la leche le aportarán defensas y energía para poder avanzar en esas nuevas y difíciles condiciones de vida. Durante un tiempo importante la vida del cordero dependerá de las condiciones ambientales, de que su madre le siga aportando nutrientes, y del vigor que él tenga para tratar de conseguirlos (Nowak, 1996).

1.4.4. Programación del desarrollo y comportamiento de la descendencia a lo largo de la vida

El crecimiento y desarrollo del embrión y el feto es un proceso complejo donde a partir de una sola célula (cigoto) totipotencial se desarrolla un organismo pluricelular con órganos y tejidos altamente especializados, compatibles con la vida independiente (Hyatt et al., 2010). Este proceso comprende dos etapas claramente diferenciadas, la embriogénesis y el período fetal. En el caso de los ovinos, la embriogénesis corresponde al período desde la fertilización hasta los 35 días de vida intrauterina y se caracteriza por una gran proliferación y diferenciación celular, que va a determinar la morfogénesis de los diferentes órganos del feto. Desde los 35 días hasta el final de la gestación corresponde al período fetal, donde los sistemas y órganos crecen, maduran y se remodelan. En esta etapa, la hiperplasia celular es seguida por un proceso de diferenciación y maduración funcional que va a delinear un patrón diferente de crecimiento según los diferentes órganos y tejidos del organismo. Este período finaliza cuando el feto finalmente alcanza un estado de desarrollo y maduración compatible con la adaptación a la vida extrauterina (Hyatt et al., 2010).

El desarrollo y crecimiento fetal está influenciado por factores maternos, fetales, placentarios y ambientales, combinado con el potencial de crecimiento determinado por el genotipo fetal (Dwyer et al., 2003). Es necesario un adecuado aporte de nutrientes que llegan de la madre a través de la placenta y un correcto ambiente endocrino materno-fetal para que ocurra un normal desarrollo fetal. Por lo tanto, la cantidad de nutrientes que recibe la madre puede tener efectos directos sobre el desarrollo fetal y efectos permanentes sobre la salud y el crecimiento de la progenie en el futuro (Pillai et al., 2017).

El estatus nutricional y el bienestar de la oveja, asociado con el desarrollo de la placenta durante la gestación, juegan un rol crítico en el crecimiento y desarrollo intrauterino, pudiendo producir cambios a corto, mediano y a largo plazo en la vida adulta (Greenwood et al., 2010). Existe evidencia de que los mecanismos epigenéticos como la metilación de las histonas y el “imprinting” participarían en el proceso de

programación del desarrollo fetal en respuesta a estímulos ambientales durante el desarrollo temprano del individuo (Bell y Greenwood, 2016).

1.4.4.1. Ambiente prenatal y comportamiento posnatal

Estudios epidemiológicos en humanos, han establecido una relación entre la alimentación de la madre durante la gestación, el aporte de nutrientes al feto y el desarrollo de trastornos de la salud en la vida adulta de la descendencia (Barker y Osmond, 1986; Bateson, 2004). Estos estudios permitieron comprender “el origen fetal del desarrollo de las enfermedades en el adulto” y dieron origen a la “Barker Hypothesis”, quién postuló, que niños con bajo peso al nacer, debido a lentas tasas de crecimiento prenatal, presentaban mayor riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y metabólicas en la vida adulta (Lacagnina, 2019).

Estudios posteriores, han revisado el papel del bajo peso al nacimiento como un indicador del desarrollo fetal, considerando que no tiene en cuenta factores importantes que contribuyen al desarrollo fetal. En la última década, la investigación ha propuesto cambiar este paradigma, focalizando el estudio en el propio desarrollo fetal, considerando al nacimiento como un evento dentro de un proceso continuo de desarrollo y transformación que se inicia en el momento de la concepción, y se extiende hasta la vida adulta de los individuos, y donde las experiencias en etapas tempranas de la vida fetal pueden influir en el comportamiento futuro de la descendencia (OMS, 2006).

Desde hace tiempo los ovinos se han utilizado como modelo experimental con el fin de estudiar e identificar los mecanismos fisiológicos responsables de los cambios a largo plazo en humanos (Zambrano et al., 2014). Existe una gran cantidad de información que muestra que el entorno nutricional en que se encuentra el feto en etapas tempranas de la vida, puede influenciar el desarrollo de órganos y sistema del feto en crecimiento y en consecuencia afectar el desempeño productivo en la vida adulta (Bielli et al., 2002; Rhind, 2004; Wu et al., 2006; Kotsampasi et al., 2009).

En los sistemas de pastoreo extensivo característicos de nuestro país, los productores ovinos en muchos casos minimizan la importancia de la nutrición en etapas tempranas de la gestación, argumentando los bajos requerimientos energéticos debido al escaso desarrollo embrio-fetal. Sin embargo, existe información que indica que la sensibilidad de los órganos y tejidos es mayor cuando el estrés nutricional o térmico ambiental es aplicado durante la preñez temprana (período crecimiento activo de placenta y la organogénesis fetal), que cuando esto sucede en la última etapa de la gestación (Symonds et al., 2007). Según Robinson et al. (1999) las perturbaciones durante los primeros meses de la gestación pueden alterar el desarrollo de órganos y tejidos, y comprometer performance productiva de la descendencia a largo plazo.

1.4.4.2. Programación del desarrollo fetal

La programación del desarrollo fetal es el concepto por el cual los efectos adversos de los factores ambientales aplicados en momentos críticos del desarrollo embrio-fetal, pueden resultar en cambios permanentes del metabolismo y la fisiología, que pueden afectar el desarrollo y la producción en la vida adulta del organismo (Barker y Clark, 1997; Nathanielsz, 2000; Evans et al., 2016). Aunque el concepto de la programación fetal tiene su origen en el contexto de la investigación humana, es posible que las bases fisiológicas que lo sustentan puedan tener implicancias en otras especies y en otras áreas, más allá de la salud humana. Existen evidencias suficientes, de que la restricción nutricional durante la gestación puede afectar el crecimiento fetal y la productividad de la descendencia (McCarty y Long, 2019). Según Gluckman y Hanson (2004) la programación del desarrollo es un proceso que acompaña las respuestas homeostáticas y las adaptaciones metabólicas que hace la madre y el feto al entorno ambiental en el cual se encuentran.

Ford y Long (2012) han reportado que los efectos de la programación fetal pueden estar mediados por cambios en la estructura celular y funcional de los tejidos, debido a la exposición a altas concentraciones de hormonas (esteroides) y por mecanismos epigenéticos. De acuerdo con Hanson et al. (2011) los cambios epigenéticos constituyen la base de importantes procesos normales del desarrollo, aunque en condiciones adversas, los mecanismos epigenéticos pueden inducir alteraciones en el

desarrollo celular y funcional de órganos y tejidos pudiendo afectar la performance de la descendencia. La interacción entre el componente genético, el ambiente y los mecanismos epigenéticos se han relacionado con variaciones importantes en el fenotipo de la progenie (Jammes et al., 2011).

La programación fetal originalmente estuvo asociada con el período del desarrollo fetal, sin embargo, estudios recientes en modelos animales han demostrado que los cambios nutricionales en torno a la gametogénesis y la concepción e incluso en el período previo a la implantación, pueden tener consecuencias tanto a corto como a largo plazo (Peñagaricano et al., 2013). De hecho, los mecanismos de regulación epigenética junto con los cambios en los patrones epigenéticos característicos de cada célula, parecen ser críticos durante la proliferación y diferenciación celular, así como durante el desarrollo de la gametogénesis, de la glándula mamaria, la placenta y los músculos durante la vida fetal, incluso temprano después del nacimiento (Jammes et al., 2011). Esta es la razón por la cual los cambios en el fenotipo de la progenie pueden persistir incluso en las futuras generaciones (Gluckman et al., 2005).

En la última década, la investigación en animales de interés productivo se centró en los posibles efectos intrageneracionales e intergeneracionales de la programación del desarrollo con especial atención en algunas características productivas y reproductivas. De gran importancia y significancia económica son los efectos de la nutrición en etapas tempranas de la gestación, sobre el crecimiento, la composición corporal y la estructura de la carcasa (Bell y Greenwood, 2016) así como en el desarrollo y comportamiento reproductivo de la progenie (Chadio y Kotsampasi, 2014).

Existen evidencias de que la nutrición materna a mitad y al final de la gestación puede provocar cambios en la expresión génica y alterar la programación fetal del tejido adiposo y muscular (Peñagaricano et al., 2014). De hecho, en la producción de carne bovina y ovina, una alteración en la tasa de crecimiento, en la eficiencia de conversión, así como en la composición de la carcasa (relación miofibrillas/tejido conectivo) debido a la programación nutricional en la preñez temprana puede afectar la productividad (McCarty y Long, 2019; Piaggio et al., 2017).

Sin embargo, la variabilidad de los resultados puede tener relación con el nivel y la duración de la restricción nutricional, con la ventana crítica de tiempo durante la gestación, y el estado de desarrollo embrio-fetal en que se aplica la restricción nutricional (Gardner et al., 2008). Según Evans et al. (2016) el desarrollo fetal representa un momento especialmente sensible en el que los diferentes sistemas del organismo pueden adaptarse al entorno, y modificar su funcionamiento posterior. Sin embargo, esta plasticidad del desarrollo, con que el organismo responde al entorno fetal al principio de la gestación, también representa un período de mucho riesgo, en el cual el feto puede alterar el desarrollo normal, y modificar el fenotipo de la descendencia (Kenyon y Blair, 2014).

Además de la nutrición y el estatus endocrino, la programación del desarrollo puede estar relacionada con la capacidad de transferencia de nutrientes a través de la placenta y del flujo de sangre útero-fetal, especialmente en los primeros tercios de la gestación (Ehrhardt y Bell, 1995). De esta manera, la placenta se convierte en un órgano clave en la programación del desarrollo fetal (Reynolds et al., 2010; Vonnahme et al., 2014).

1.4.5. Efecto de la esquila durante la gestación

La esquila durante la gestación es una herramienta de manejo utilizada desde hace mucho tiempo en la producción ovina familiar y comercial. Los primeros reportes datan de los años 30 del siglo pasado en Nueva Zelanda (Dabiri, 1994) y en los países escandinavos (Dýrmundsson, 1991). A nivel nacional, los primeros ensayos experimentales fueron reportados por Azzarini (2000) en la década del 70 en suelos de basalto y en la zona de areniscas de Tacuarembó. En un principio, las ventajas en el uso de esta técnica se asociaron con una mayor supervivencia de los corderos y una mejora en la producción y calidad industrial de la lana (Fernández Abella, 1981; Dabiri, 1994). Estudios posteriores, reconocieron los efectos beneficiosos de la esquila sobre el comportamiento de la madre y los corderos (Banchero et al., 2010) y el mayor peso de los corderos al nacimiento (Kenyon et al., 2006). Estos factores combinados han potenciado los efectos de la esquila durante la gestación e influenciado en la cantidad de corderos que pueden ser destetados en cada ciclo reproductivo.

1.4.5.1. La importancia del momento de la esquila

La elección del momento de la gestación en el cual que se va a realizar la esquila, implica una decisión de manejo que puede afectar muchos aspectos de la producción (peso corporal y producción de lana) y la salud de la oveja. Estudios previos de Black y Chestnutt, (1990) y Morris y McCutcheon, (1997) mostraron que cuanto menor es el intervalo entre la esquila y el parto, también menor es la respuesta en el peso al nacimiento de los corderos.

En nuestro país, la mayoría de los corderos nacen a partir del final del invierno y el comienzo de la primavera y las ovejas preñadas generalmente se esquilan en el último tercio de la gestación. Aunque existen claros beneficios para el cordero, la esquila invernal puede exponer a las ovejas esquiladas a condiciones climáticas muy adversas (bajas temperaturas acompañadas de viento y/o lluvia), que representan un riesgo potencial para su vida.

1.4.5.2. Esquila en el último tercio de la gestación

En condiciones de estabulación, los corderos nacidos de ovejas esquiladas en el último tercio de la gestación mostraron mejoras en el peso al nacer y en la tasa de crecimiento desde el parto hasta el destete en relación con los corderos cuyas madres permanecieron con el vellón (Black y Chestnutt, 1990; Keady y Hanrahan, 2008). En un principio, esta respuesta se relacionó con un incremento en el consumo voluntario de materia seca de las ovejas (Vipond et al., 1987) probablemente inducido por la esquila antes del parto (Keady y Hanrahan, 2008). Sin embargo, otros estudios, han reportado que el peso al nacimiento de los corderos no se explicaría únicamente por un incremento en el consumo después de la esquila, sino que respondería más a los efectos propios de la esquila (Dabiri, 1994; Revell et al., 2002). Austin y Young (1977) sostienen que en condiciones de estabulación, el incremento en el peso al nacer de los corderos puede estar relacionado con una reducción del estrés por calor debido a la esquila de las ovejas. Por tanto, la esquila en estas condiciones de alguna manera puede aliviar o revertir el efecto que causa tanto la obesidad como el calor sobre el desarrollo de la placenta y el feto.

Sin embargo, el efecto de la esquila no es el mismo cuando las ovejas son manejadas en condiciones de pastoreo. La respuesta en el peso al nacimiento de los corderos suele ser más variable (Cloete et al., 1994; Murphy et al., 2018). Una vez retirado el vellón, las ovejas quedan expuestas a las bajas temperaturas ambientales asociadas en muchos casos con una escasa oferta de forraje e inadecuadas reservas corporales de las ovejas. En estas condiciones, resulta difícil que el consumo voluntario se pueda incrementar de manera que se puedan satisfacer las crecientes demandas energéticas de la oveja y del cordero.

Adicionalmente, la disminución en la capacidad física del rumen debido al substancial incremento en el peso de el o los fetos durante la etapa final de la preñez y los cambios metabólicos propios de los mecanismos homeostáticos, lejos de aumentar, pueden terminar disminuyendo el consumo de las ovejas (Montossi et al., 2005). De esta manera, contrariamente a lo esperado, la utilización de la esquila al final de la gestación puede fracasar en el intento de incrementar el peso al nacimiento y aumentar la supervivencia neonatal de los corderos (Kenyon et al., 2003; Fernández Abella, 2017). Incluso, cuando el organismo es incapaz de mantener la homeostasis energética, el riesgo de pérdida de ovejas debido a la toxemia de la preñez se incrementa (Cal Pereyra et al., 2011). En estas circunstancias, cambiar el momento de esquila a la mitad de gestación (60 - 90 días) puede resultar en una mejora en el peso al nacimiento y la supervivencia de los corderos.

1.4.5.3. Esquila a mitad de gestación

Los resultados de la literatura muestran que la esquila de ovejas en pastoreo durante la mitad de gestación (70 a 90 días) tiene efectos positivos sobre el peso vivo al nacimiento y al destete de los corderos (Kenyon et al., 2003; Montossi et al., 2005; Banchero et al., 2010; De Barbieri et al., 2018) aunque el efecto sobre la tasa de supervivencia ha sido variable (Cloete et al., 1994; Revell et al., 2002). Además, la esquila preparto tiene importantes consecuencias en la producción de leche de las ovejas (Cam y Kuram, 2004; Sphor et al., 2011) lo cual puede contribuir con una mayor tasa de crecimiento de los corderos después del parto y con un mayor peso al destete (Morris et al., 2000; Sphor et al., 2011).

En un trabajo previo, sobre la base de más de 800 registros Montossi et al. (2005) reportaron un mayor peso al nacimiento y al destete en los corderos nacidos de ovejas esquiladas entre los 40 y 100 días de gestación. Adicionalmente, observaron que a similares pesos vivos los corderos nacidos de ovejas esquiladas posparto presentaron mayor tasa de mortalidad. En un estudio posterior Banchemo et al. (2010) relacionaron la mayor tasa de destete con el mayor peso vivo al parto y con el aumento del vigor de los corderos en la primera hora después del nacimiento. Los mismos autores sostienen que el incremento en el vigor probablemente esté relacionado con una mayor madurez funcional de los sistemas del organismo al momento del nacimiento de los corderos. Los mismos autores reportaron que corderos mellizos nacidos de ovejas esquiladas a los 70 y 120 días de gestación presentaron más vigor y supervivencia respecto a aquellos de ovejas sin esquila independientemente del peso al nacimiento.

Los resultados de los trabajos de esquila a mitad de gestación han mostrado una considerable variación en la magnitud y la dirección de las respuestas en el peso vivo al nacimiento. Algunos estudios reportaron efectos solo en los corderos nacidos de partos únicos (Morris et al., 2000; Revell et al., 2002; Kenyon et al., 2003) mientras que otros han encontrado respuestas positivas en los corderos mellizos (Morris y McCutcheon, 1997; Kenyon et al., 2006). A pesar de las diferencias en las razas, en el peso vivo y la condición corporal de las ovejas y en las condiciones ambientales en que se realizó la esquila, Kenyon et al. (1999) establecieron que la variación en la magnitud del incremento del peso vivo y la especificidad de la respuesta parece estar relacionado con el peso al nacimiento de los corderos de las ovejas no esquiladas. La hipótesis desarrollada al respecto sostiene que el incremento del peso vivo de los corderos, podría depender del peso al cual los corderos estén destinados a nacer y de las reservas corporales y/o nutricionales que le permita a las ovejas adaptarse rápidamente a los cambios metabólicos inducidos por la esquila (Kenyon et al., 1999).

En climas fríos y aún, en climas templados como el de nuestro país, la esquila durante el invierno disminuye rápidamente la temperatura corporal de las ovejas, debido a la pérdida de la capacidad aislante del vellón (Gregory, 1995; de Barbieri et al., 2005). En estas circunstancias, la homeostasis térmica se vuelve más dependiente de la

producción de calor metabólico a partir del forraje disponible y de la condición corporal y la movilización de tejido graso de la oveja (Kenyon et al., 2003; Murphy et al., 2018). Por otra parte, existen evidencias que la esquila invernal en condiciones de pastoreo no siempre resulta en un aumento de la ingesta de materia seca en las ovejas (Revell et al., 2002). De hecho, es probable que la producción de calor corporal dependa casi exclusivamente de la movilización del tejido graso. Sin embargo, esta respuesta metabólica en ovejas pastoreando pasturas naturales, puede conducir a una rápida disminución de las reservas corporales y llevar a las ovejas a un balance energético negativo. De esta manera, el nivel de sustratos energéticos y proteicos que inicialmente pudieran estar disponibles para el crecimiento de la placenta y el feto, se puede reducir y en consecuencia puede terminar por comprometer su desarrollo (Kenyon et al., 2003, Fernández Abella et al., 2017). En estas condiciones el feto modula su propio crecimiento y desarrollo, ajustándolo al flujo de nutrientes que llegan a través de la placenta priorizando su propia supervivencia (Gluckman et al., 2005).

1.4.5.4. Esquila durante el primer tercio de la gestación

La literatura registra una cantidad bastante menor de trabajos de esquila en esta etapa de la gestación y en todos los casos, las ovejas estuvieron manejadas en condiciones de pastoreo (Morris et al., 2000; Sphor et al., 2011). El primer tercio de la gestación se caracteriza por ser un período de intensa multiplicación y proliferación celular y vascular de la placenta (Kelly, 1992; Ehrhardt y Bell, 1995) que coincide con el proceso de formación de los diferentes órganos y tejidos del feto (Hyttel et al., 2010). Morris et al. (2000) compararon el efecto sobre el crecimiento fetal de la esquila a los 50 días de gestación con la esquila a mitad y tarde en la preñez y reportaron un efecto selectivo de la esquila sobre el peso al nacimiento de los corderos nacidos de partos únicos aunque no encontraron respuesta en los corderos mellizos. Los autores asociaron la respuesta a un incremento en la concentración plasmática materna de glucosa y de hormonas tiroideas.

Por otra parte Sphor et al. (2011) informaron de un incremento en el peso al nacimiento (1,4 kg) y al destete (4,5 kg) en corderos nacidos de partos únicos de ovejas Polwarth

en pastoreo esquiladas a los 53 días de gestación. Los autores justificaron el mayor peso al destete, por el mayor peso vivo al nacimiento y la mayor tasa de crecimiento posparto debido a la mayor producción de leche de las ovejas. En un trabajo previo Montossi et al. (2005) esquilando ovejas Corriedale adultas en pastoreo entre el primer y segundo tercio de la gestación (50-90 días) encontraron un efecto positivo sobre el peso al nacer y la tasa de supervivencia de los corderos. Sin embargo, hasta la fecha, la mayoría de los estudios de esquila durante la gestación se han centrado en el período desde el nacimiento hasta el destete de los corderos. Hasta donde sabemos, no existe información sobre el efecto de la esquila preparto temprano sobre el crecimiento, el comportamiento reproductivo y la salud de la descendencia del destete en adelante.

1.4.5.5. Efecto de la esquila sobre el tamaño y la función de la placenta

La placenta desempeña un papel central en mediar las influencias ambientales y maternas sobre el feto, regulando el crecimiento y el desarrollo fetal durante la gestación (Bauer et al., 1998). Según Kelly (1992) entre las 8 a 14 primeras semanas de gestación, la nutrición y el estrés térmico ambiental pueden influir en el crecimiento y desarrollo placentario pudiendo afectar el peso vivo de los corderos al nacimiento. En este sentido Morris y McCutcheon (1997) y Kenyon et al. (2003) han reportado que los efectos de la esquila sobre el peso al nacer de los corderos pueden estar mediados por un aumento en el tamaño y/o en la actividad funcional de la placenta. Sin embargo, los estudios han mostrado cierta variabilidad en el peso de la placenta en respuesta a la esquila a mitad de gestación. Montossi et al (2005) y Banchero et al. (2010) observaron una influencia positiva de la esquila sobre el peso de la placenta y el número de cotiledones que en ambos casos se correspondió con un incremento en el peso al nacimiento de los corderos. Contrariamente Revell et al., (2002) no observaron un aumento de peso de la placenta en ovejas esquiladas a mitad de la gestación. Según los autores, una mayor eficiencia en la toma de nutrientes podría explicar el incremento en el peso vivo de los corderos. Por otra parte, De Barbieri et al. (2018) tampoco encontraron ningún efecto sobre el peso de los cotiledones y de la placenta en ovejas esquiladas a mitad de la gestación, aunque, el número de cotiledones y el peso al nacimiento de los corderos fue mayor en relación con las ovejas

esquiladas después del parto. En un trabajo reciente Rosales Nieto et al. (2019) estudiaron los efectos de la esquila en el último tercio de la preñez sobre la concentración plasmática materna de glucoproteínas asociadas a la gestación las cuales son hormonas producidas por la placenta y buenos indicadores de la función placentaria y del bienestar feto-placentario. Sin embargo, los resultados no pudieron confirmar una relación entre la función endocrina de la placenta y el aumento de peso al nacer de los corderos en ovejas esquiladas en el último tercio de la gestación.

1.4.5.6. Efecto de la esquila sobre la duración de la gestación

Se ha demostrado que la raza, la genética materna y fetal, el sexo del feto, la edad de la madre, el tamaño de camada y la nutrición que reciben las ovejas durante la preñez pueden afectar la duración del período de gestación (De Barbieri et al., 2005). En la mayoría de los estudios de esquila a mitad y tarde en la preñez, la duración de la gestación se ha visto incrementada y se ha asociado con un incremento en el peso de los corderos al parto como consecuencia de la extensión del período de crecimiento fetal (Kenyon et al., 2003; Cueto et al., 1996; Banchemo et al., 2010; De Barbieri et al., 2018).

A nivel nacional, De Barbieri et al. (2005) reportaron un incremento en el largo de gestación de 1.2 días en ovejas esquiladas entre los 60 y 90 días de gestación, mientras que Banchemo et al. (2010) mencionaron un incremento de 2,2 días en corderos nacidos de patos únicos y 2,7 días en corderos mellizos, con una diferencia en el peso vivo al parto de 400 y 800 g respectivamente en relación con los corderos controles. Hay evidencias, de que el aumento de peso en los últimos días de gestación sería insuficiente para explicar el aumento correspondiente en el peso vivo al nacimiento de los corderos debido a la esquila preparto. Rattray et al. (1974) estima un crecimiento fetal a término de 150 - 200 g/día lo cual sugiere que el incremento en el peso al nacimiento de los corderos asociado con el aumento en el largo de gestación explicaría solo una parte del incremento total del peso vivo. Además del efecto sobre el peso al nacimiento, se ha reportado que la extensión de la gestación influye en la maduración pulmonar y del aparato digestivo y mejora la respuesta de los mecanismos de

termorregulación en los corderos los cuales se desarrollan en los últimos días de gestación.

1.4.5.7. Cambios metabólicos y hormonales debido a la esquila

Independiente del momento del año y de los días de gestación, la esquila siempre representa un estrés agudo y crónico al cual la oveja responde con importantes cambios en el metabolismo y en el comportamiento (Carcangiu et al., 2008; Ungerfeld et al., 2018). Los cambios metabólicos y hormonales debido al estrés por frío se traducen en incrementos en la concentración plasmática de glucosa (Thompson et al., 1982; Symonds et al., 1986; Morris et al. 2000; Cueto et al., 2002; Ciccioli et al., 2005; Cal Pereyra et al., 2011) y de ácidos grasos no esterificados (AGNE) y glicerol (Sherlock et al., 2003) los cuales pueden alcanzar la placenta y en consecuencia al feto en desarrollo. Se ha sugerido, que el aumento en el peso al nacer de los corderos puede estar asociado con una modificación en la distribución de la glucosa materna entre la oveja y el/o los fetos (Revell et al., 2000) resultando en una mayor concentración de glucosa en la circulación fetal (Symonds et al., 1986). Estos cambios generalmente van acompañados por una disminución de la concentración plasmática de insulina (Symonds et al., 1986). Es probable que la esquila mejore la absorción y utilización de la proteína materna, pudiendo aumentar la oferta de componentes proteicos que llegan al feto (Ngongoni et al., 1984).

Por otra parte, Morris et al. (2000) y Sherlock et al. (2003) relacionaron el mayor peso vivo de los corderos con un incremento en la concentración de hormonas tiroideas (triyodotironina y tiroxina) en la circulación materna. Sin embargo, los resultados de Kenyon et al. (2005) sostienen que el incremento de las hormonas tiroideas no sería el único mecanismo endocrino responsable del incremento en el peso al parto en los corderos que nacen de ovejas esquiladas a mitad de la gestación. De acuerdo con Symonds et al. (1986) la oveja después de la esquila utiliza los ácidos grasos no esterificados como fuente de energía liberando la glucosa para que pueda ser utilizada por el feto. Esto explicaría los bajos niveles plasmáticos de los ácidos grasos y de los cuerpos cetónicos. La distribución de los nutrientes energéticos y proteicos a medida

que aumenta la gestación es un claro ejemplo de un mecanismo fisiológico de control homeorético.

2. EFECTO DE LA ESQUILA EN EL PRIMER TERCIO DE GESTACIÓN SOBRE EL PESO AL NACIMIENTO Y LA SUPERVIVENCIA DE LOS CORDEROS NACIDOS DE PARTOS UNICOS Y MELLZOS

2.1. SHEARING EWES IN THE FIRST THIRD OF GESTATION IMPROVES OFFSPRING PERFORMANCE. 2017. López-Mazz C, Baldi F, Quintans G, Banchemo G. (Este artículo fue publicado en la revista Animal Production Science)

El objetivo fue evaluar el efecto de la esquila a los 50 días de gestación en ovejas pastoreando pasturas mejoradas sobre el peso al nacimiento, el peso al destete, el vigor en la primera hora de vida y la supervivencia de los corderos nacidos de partos únicos y mellizos.

El trabajo desafiaba la hipótesis de que la esquila a los 50 días de gestación bajo condiciones de pastoreo mejora el vigor de los corderos y aumenta el peso al nacimiento y al destete.

Los resultados mostraron un efecto significativo de la esquila temprano en la gestación sobre el peso al parto y al destete de los corderos nacidos de partos únicos y mellizos. Este incremento de la respuesta en el peso vivo no fue inducido por cambios en la condición corporal de las ovejas, lo cual, puede sugerir que el efecto puede estar asociado con un cambio en la distribución de los nutrientes exógenos y endógenos de manera que prioricen el crecimiento y desarrollo del feto. El largo de la gestación se incrementó 1,4 y 1,3 días más en las ovejas gestando corderos nacidos únicos y mellizos respectivamente, aunque esto explica parcialmente el incremento total del peso al parto de los corderos. Los corderos mellizos nacidos de ovejas esquiladas

preparto temprano fueron más vigorosos y esto puede estar asociado con la mayor supervivencia. En cambio, la excesiva respuesta en el incremento de peso de los corderos nacidos únicos aumentó el número de partos demorados y distócicos comprometiendo la supervivencia al destete.

Shearing ewes in the first third of gestation improves offspring performance

C. López-Mazz^{A,E}, F. Baldi^B, G. Quintans^C and G. Banchemo^D

^ASchool of Agronomy, UDELAR, Av. Garzón 780, 12900, Uruguay.

^BSchool of Agricultural Sciences and Veterinary, São Paulo, 11884100 Brazil.

^CNational Institute for Agricultural Research, Ruta 8, km 281, Treinta y Tres, Uruguay 33000.

^DNational Institute for Agricultural Research, Ruta 50, km 11, Colonia, Uruguay 70006.

^ECorresponding author. Email: tatolopezmazz@gmail.com

Abstract. The effect of shearing ewes at 50 days of gestation on birth and weaning weight, vigour of the lambs in the first hour of life and the survival of single and twin lambs was investigated. Ultrasound pregnancy diagnosis was used to allocate 140 Polwarth ewes on Day 50 of gestation to one of four treatments, including two factors: shearing time (prepartum (PS) and postpartum (U)) and litter size (single (S) and twin (T)) resulting in the following treatments: single-bearing ewes shorn at 50 days of gestation (SPS, $n = 39$), single-bearing ewes unshorn (SU, $n = 40$), twin-bearing ewes shorn at 50 days of gestation (TPS, $n = 28$) and twin-bearing ewes unshorn (TU, $n = 33$). All ewes grazed together on improved pastures. Body condition score of the ewes was recorded once every 2 weeks from shearing until weaning, and plasma concentration of NEFA in ewes was measured once every 2 weeks from Day 30 postpartum until weaning (Day 104 ± 7). Gestation length, lamb behaviour during the first hour of life, lamb weight at birth and daily weight gain from birth to weaning and lamb survival were measured. Ewe body condition and plasma non-esterified fatty acids concentration was not affected by shearing time or litter size. Birthweight of the lambs was affected by shearing time ($P = 0.0002$), litter size ($P < 0.0001$) and sex of the lamb ($P = 0.03$). Lambs born to PS ewes had higher daily growth rate ($P < 0.0001$) than lambs born to U ewes (0.149 ± 0.07 vs 0.141 ± 0.07 kg, respectively). Birthweight affected the number of assisted lambs at birth ($P = 0.01$). Length of gestation was affected by shearing time ($P < 0.0001$). Suckling ability was improved by shearing time and litter size. Lambs born to PS ewes tried to suck ($P = 0.01$) and successfully sucked ($P = 0.009$) before lambs born to U ewes (23.3 ± 2 vs 28.7 ± 2 and 37.6 ± 1 vs 38.4 ± 1 min, respectively). Attempt and success to suck was affected by litter size ($P = 0.004$ and $P = 0.05$). TPS-born lambs tried to suck before ($P = 0.004$) and successfully sucked earlier ($P = 0.0004$) than TU lambs (26.1 ± 2.5 vs 33.7 ± 2 and 38 ± 1 vs 42.1 ± 2 min, respectively). Shearing time affected lamb survival at 20 days of age ($P = 0.04$). The improved survival in these lambs, expressed by a higher birthweight and vigour at birth, may be explained by better nutrition in utero in response to shearing during early pregnancy. In contrast to previous research on prepartum shearing, the present experiment shearing was done at 50 days of gestation. Early shearing in gestation might coincide with a period of high cell proliferation, intense vascular development and increased uterine and umbilical blood flows in the placenta which is in rapid development, and may result in improved outcomes when compared with shearing done on Day 70 or later of gestation.

Additional keywords: environmental stress, lamb growth, lamb survival.

Received 15 July 2016, accepted 20 March 2017, published online 26 May 2017

Introduction

Neonatal survival depends largely on the liveweight (LW) of lambs at birth (Dalton *et al.* 1980; Kenyon *et al.* 2003; Dwyer and Morgan 2006) and a successful bond between the mother and the lamb at, and soon after delivery (Nowak and Pascal 2006). Shearing sheep during mid-pregnancy in winter, under extensive grazing conditions has been associated with increased birthweight of lambs (Kenyon *et al.* 1999; Smeaton *et al.* 2000; Spoor *et al.* 2011), lamb survival rate (Cloete *et al.* 1994; Montossi *et al.* 2005) and weaning weight (Revell *et al.* 2002; Kenyon *et al.* 2003). However, the effect on birthweight varies according to different authors; Morris *et al.* (2000), Revell

et al. (2002), Kenyon *et al.* (2002a) only reported responses in the singleton-birth, whereas Morris and McCutcheon (1997), Smeaton *et al.* (2000), Jopson *et al.* (2002) and Kenyon *et al.* (2006a) observed this effect specifically in twin lambs. The increment in birthweight of lambs born to ewes shorn during gestation has been related to increased consumption of dry matter by the ewe after shearing (Rutter *et al.* 1972; Vipond *et al.* 1987), increased duration of gestation (Revell *et al.* 2002; Banchemo *et al.* 2010) and cold stress after the fleece withdrawal (Thompson *et al.* 1982; Comer *et al.* 2010). Exposure of sheep to low temperatures can affect the concentration of metabolites and metabolic hormones (Thompson *et al.* 1982; Verbeek *et al.* 2012).

Winter shearing might provoke a high rate of entry of glucose in blood and also increase lipolysis and oxidation of non-esterified fatty acids (NEFA).

Not only shearing but other factors such as nutritional status (Osgerby *et al.* 2002), and litter size (Reynolds *et al.* 2005) affect development of the fetus during gestation. The size of the placenta (Reynolds *et al.* 2005) and nutrition of sheep in early stages of gestation have been related to fetal growth and LW at lambing (Kelly 1992). However, shearing during early or mid-gestation, has had a variable effect on the weight of the placenta. Although Montossi *et al.* (2005) and Banchero *et al.* (2010) reported an increase in placental weight, Revell *et al.* (2002) did not find any differences. Vonnahme (2012) argues that lamb birthweight is associated more with development of vascular beds in early stages of placental growth and quality uterus-fetal blood flow than the weight of the placenta *per se*. Similarly, lamb birthweight does not explain the increased survival. Montossi *et al.* (2005) found that lambs with similar birthweight survived better if they were born to ewes shorn in mid-pregnancy compared with those born to unshorn ewes. Banchero *et al.* (2010) found that lambs born to ewes shorn during gestation were more vigorous than those born to unshorn ewes regardless of their birthweight. This suggests that the survival of lambs not only depends on birthweight, but also other mechanisms may be involved.

Most of the previous studies imposed shearing at least 70 days of gestation. As placental growth occurs between 30 and 80 days of gestation (Kelly 1992), earlier shearing may lead to greater responses in fetal development which, in turn, could improve lamb behaviour (vigour) and survival rates.

We tested the hypothesis that shearing ewes at Day 50 of gestation under grazing conditions improves lambs vigour at birth and increases their weight at birth and at weaning.

Materials and methods

Location, animals and experimental design

The experiment was conducted at the Experimental Sheep Unit of INIA 'La Estanzuela' Uruguay (35°S, 54°W), in accordance with the experimental directives concerning the use of Animals for Experimentation of the Universidad de la República, Veterinary Faculty (Number: 111400-000079-12). In autumn (June), 140 Polwarth ewes (wool type), with bodyweight (BW) of 46.4 ± 0.7 kg and body condition score (BCS) of 2.0 ± 0.03 (scale of 0–5; Russel *et al.* 1969) were used. Oestrus was synchronised by two doses of 160 mg Delprostenate (Glandinex, Universal Laboratory, Montevideo, Uruguay) 11 days apart and artificially inseminated (AI). The experimental design was a 2 by 2 factorial, involving prepartum shearing (PS) at 50 days of gestation or not shorn during pregnancy (U) and litter size (single-bearing versus twin-bearing). On Day 40 of gestation the ewes were scanned to determine litter size and at Day 50 ± 0.5 of gestation half of the sheep were shorn (June, southern hemisphere) using a cover comb, which leaves minimum wool stubble of 7 mm (de Barbieri *et al.* 2005a). Consequently, treatments were single-bearing ewes with prepartum shearing (SPS, $n = 39$), single-bearing ewes unshorn (SU, $n = 40$), twin-bearing ewes with prepartum shearing (TPS, $n = 28$) and twin-bearing ewes unshorn (TU, $n = 33$). The unshorn ewes were shorn 62 ± 0.64 days after lambing.

During the whole experiment sheep grazed *ad libitum* improved pasture with alfalfa and red clover (11–27% crude protein and 24–46% neutral detergent fibre) and ryegrass (9–13% crude protein and 25–47% neutral detergent fibre), and at 6% LW forage allowance.

Bodyweight and body condition score

The BW was recorded at onset of the experiment in order to sort all ewes and then once every 2 weeks just to monitor the health and daily LW gain rate of the ewes. However, BCS (Russel *et al.* 1969), a more precise measurement in pregnant ewes, was recorded every 14 days, beginning before shearing (Day –100, Lambing – Day 0) until weaning (Day 104 ± 7) in sheep and from birth to weaning in lambs.

Blood NEFA concentrations

Taking into account lambing date, a sample of ewes were bled by jugular venipuncture using heparin lithiated vacutainers (Franklin Lakes, NJ, USA), at Day 30 and 60 and then once every 2 weeks until weaning (104 ± 0.6 days) (SPS, $n = 11$; SU, $n = 13$; TPS, $n = 10$ and TU, $n = 13$). The blood was centrifuged (3000g for 15 min) at laboratory temperature within the first hour of collection and plasma was frozen at -20°C . Plasma NEFA concentrations were analysed by ACS ACOD, endpoint colourimetric method, using a commercial kit WAKO NEFA (Wako Pure Chemical Industries Ltd, Osaka, Japan) and a Vitalab Selectra II spectrophotometer (Laboratory of Nuclear Techniques, Veterinary Faculty, Montevideo, Uruguay). The coefficients of variation (CV) for low and high controls were 1.99% and 3.61%, respectively. The limit of detection was 0.01 mmol/L.

Length of gestation and duration of parturition

The duration of gestation was calculated for each ewe individually using the information of lambing and AI date. One week before the expected lambing date ewes were monitored 24 h daily. The lambing duration (Phase II) was defined as the time between the nose, front or rear legs of the lamb were seen and total expulsion of the lamb (Dwyer *et al.* 1996). Birth assistance was provided after 1 h of no birth progress.

Lamb behaviour studies

During the first hour of lamb life, behavioural studies were performed (Alexander *et al.* 1986).

The following parameters were recorded:

- Date and time of parturition;
- Time from birth to attempt to stand up and when it successfully stood up for more than 30 s (Banchero *et al.* 2010);
- Time from birth to attempt to suck and when it successfully sucked;
- Total time spent suckling in the first hour of life.

The lambs were weighed, tagged and the sex and birth-rank were recorded after the first hour of birth. Male lambs were not castrated.

Lamb survival

In this work, survival was defined as the number of lambs weaned per total lambs born (alive or dead). The survival of the lambs was calculated 72 h after birth, at marking (20 days) and at weaning (104 ± 7 days).

Weather conditions after shearing

During the following 7 days after shearing no rain was registered, and an average wind speed at ground level (2 m) for the period was between 5 km/h and 10 km/h. The average temperature in the first 7 days after shearing (June) did not differ from the historical record of 30 years (11.9°C vs 11.6°C , respectively). There were no losses of shorn sheep during the period between shearing and weaning.

Statistical analyses

The BCS and plasma concentration of NEFA in sheep and LW of lambs were analysed by ANOVA, applying a repeated-measures analysis with PROC MIXED procedure of SAS (SAS 9.3) using the restricted likelihood method. The model included the fixed effects of shearing time, litter size (single or twins), and their interaction as fixed effects. The birthweight was included in the model as a linear covariable for lamb weight evolution.

For the repeated-measures analyses, different structures were tested to model the residual covariance matrices. The structures AR (1): first-order autoregressive; ARMA (1,1): first-order autoregressive moving average; CS: compound symmetric; TOEP: Toeplitz; TOEP (2): Toeplitz with two bands; VC: variance components considering homogeneity of variances; ARH (1): autoregressive first-order heterogeneous; CSH: heterogeneous compound symmetric; FA (1): first-order factor-analytic; HF: Huynh-Feldt; TOEPH: Toeplitz heterogeneous and UN: unstructured. To select the most adequate covariance structure to model the residuals, the Akaike information criteria and Schwarz Bayesian (Wolfinger and O'Connell 1993) were used. The Akaike information criteria and Schwarz Bayesian criteria allow the comparison between non-nested models and penalise those with more parameters.

The gestation length, duration of birth, lamb birthweight and weaning weight and all behavioural variables measured in the lamb were analysed with ANOVA using the PROC MIXED procedure. The means were compared by Tukey–Kramer test ($P < 0.05$). A non-linear model assuming binomial distribution for lamb mortality (at 3 days, 20 days and at weaning) was applied. The PROC GENMOD procedure of SAS (SAS 9.3) was utilised and the log link function was applied. The fixed effects of shearing time and litter size were included in the model, and birthweight as a linear covariate. The comparison of means was performed with the Tukey test ($P < 0.05$). All results were presented as mean $\pm$ standard error (s.e).

Results

Ewe performance

The BCS of the ewes during gestation and lactation period was not affected by shearing time or by litter size. There was an interaction between litter size and days of gestation ($P = 0.0003$). During the second third of gestation single-bearing ewes had lower BCS than twin-bearing ones, but, during lactation BCS was lower in twin-

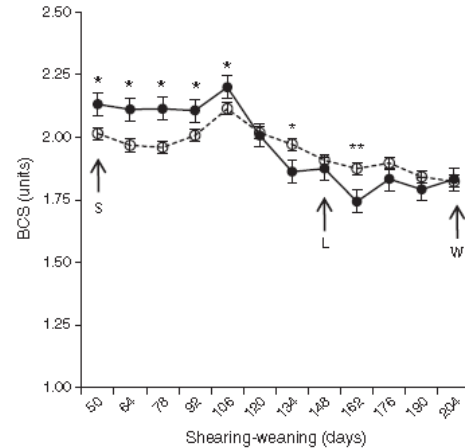


Fig. 1. Least square means ($\pm$ s.e) of body condition score (BCS) from shearing to weaning, single-bearing ewes (○) and twin-bearing ewes (●), (S): shearing, (L): lambing and (W): weaning. *, $P < 0.05$. **, $P < 0.005$.

bearing ewes (Fig. 1) with respect to ewes rearing a single lamb. Only lambs born and reared as twins were used in this study. Any lambs born as a twin and single reared were excluded.

Blood NEFA concentration

Plasma NEFA concentration was not affected by shearing time or litter size. There was an interaction between litter size and day of lactation ($P = 0.0005$). During the first 30 days of lactation NEFA concentration was higher in T ewes ($P < 0.01$; 0.7 ± 0.04 mmol/L) than S ewes (0.6 ± 0.03 mmol/L). Moreover, during the second half of lactation NEFA concentration was higher ($P < 0.01$) in S ewes than T ewes (0.64 ± 0.02 and 0.57 ± 0.02 mmol/L, respectively) (Fig. 2a).

Lamb birthweight at birth and daily weight gain to weaning

The lamb birthweight was affected by shearing time ($P = 0.0002$) and litter size ($P < 0.0001$). Lambs born to PS ewes were on average 0.4 kg heavier at birth than lambs born to U ewes (4.8 ± 0.3 vs 4.4 ± 0.2 kg, respectively). Single-born lambs had higher birthweight ($P < 0.0001$) than twin-born lamb (5.2 ± 0.1 kg vs 4.0 ± 0.1 kg, respectively). SPS were heavier ($P = 0.004$) than SU (5.5 ± 0.1 vs 5.0 ± 0.1 kg, respectively), TPS were also heavier ($P = 0.005$) than TU (4.2 ± 0.1 vs 3.9 ± 0.1 kg, respectively) (Table 1). Birthweight was affected by sex of the lamb ($P = 0.03$). Males were heavier ($P < 0.05$) than females (4.4 ± 0.09 vs 3.8 ± 0.08 kg, respectively). Shearing affected the development of lamb from birth to weaning even adjusting for the same birthweight (Fig. 2b). Lambs born to PS ewes had greater daily LW gain rate ($P < 0.0001$) than lambs born to U ewes (0.149 ± 0.07 vs 0.141 ± 0.07 kg, respectively). Single lambs had greater daily LW gain rate ($P < 0.0001$) than twin-born lambs (0.160 ± 0.07 vs 0.131 ± 0.06). Birthweight affected the number of assisted lambs at birth ($P = 0.01$).

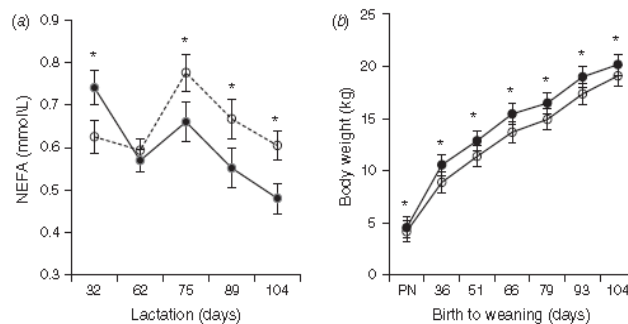


Fig. 2. (a) Least square means ($\pm$ s.e) of NEFA concentration during lactation in single-rearing ewes ($\circ$) and twin-rearing ewes ($\bullet$) ($P < 0.05$). (b) Least square means ($\pm$ s.e) for evolution bodyweight of lambs from birth to weaning, PS ($\bullet$) and U ($\circ$) ($P < 0.05$).

Table 1. Least square means ($\pm$ s.e) for number of lambs born, birthweight, weaning weight, of length gestation, length of parturition and percentage of lamb assisted per treatment

Means within rows followed by a different letter are significantly different ($P < 0.05$). SPS, single-bearing ewes with shearing at 50 days of gestation; SU, single-bearing ewes unshorn; TPS, twins bearing ewes with shearing; TU, twins bearing ewes unshorn

Attribute	Treatment				Significance	
	SPS	SU	TPS	TU	Shearing time	Litter size
Number of lambs	39	40	54	66		
Birthweight (kg)	5.5 $\pm$ 0.1a	5.0 $\pm$ 0.1b	4.2 $\pm$ 0.1c	3.9 $\pm$ 0.1d	$P = 0.0002$	$P < 0.0001$
Weaning weight (kg)	23.2 $\pm$ 0.6a	20.9 $\pm$ 0.5b	17.9 $\pm$ 0.5c	17.3 $\pm$ 0.5d	$P = 0.01$	$P < 0.001$
Length of gestation (days)	150.7 $\pm$ 0.4a	149.3 $\pm$ 0.3b	150.6 $\pm$ 0.3c	149.3 $\pm$ 0.3d	$P < 0.0001$	$P = 0.88$
Length of parturition (min)	31.8 $\pm$ 3	28.7 $\pm$ 3	30.2 $\pm$ 2	32.2 $\pm$ 2	$P = 0.83$	$P = 0.75$
Percentage of lamb assisted (%)	15.3	10	11.1	7.6	$P = 0.86$	$P = 1.0$

Length of gestation and duration of parturition

Gestation length was increased by 1.4 days in PS ewes compared with U ewes ($P < 0.0001$). SPS and TPS ewes had 1.4 and 1.3 days longer of gestation than SU and TU ewes, respectively (Table 1). The duration of parturition was not affected by shearing time and litter size (Table 1). Birthweight ($P = 0.005$) and sex of lambs ($P = 0.009$) increased the duration of parturition (33.7 ± 2.6 vs 27.8 ± 2.5 min, for male and female lambs, respectively). Birthweight affected the number of assisted births ($P = 0.01$) but there was no effect of treatments (Table 1).

Behaviour of the newborn lambs

Lambs born to PS ewes tried suck before ($P = 0.01$) and were successfully suckled ($P = 0.009$) than lambs born to U ewes (23.3 ± 2 vs 28.7 ± 2 min, and 37.6 ± 1 vs 38.4 ± 1 min, respectively). The single-born lambs took less time ($P = 0.005$) trying to suck and to successfully suck ($P = 0.05$) than twin lambs (22.1 ± 2.5 vs 29.9 ± 2.1 min and 35.4 ± 1 vs 39.4 ± 1 min, respectively). TPS-born lambs tried to suck before ($P = 0.004$) and successfully suckled before ($P = 0.0004$) TU lambs (26.1 ± 2.5 vs 33.7 ± 2 and 38 ± 1 vs 42.1 ± 2 min, respectively) (Table 2).

Lamb survival

Shearing time did not affect lamb survival at 72 h or at weaning but did affect survival at 20 days of age ($P = 0.04$; Table 3).

Discussion

Under the conditions in which this experiment was conducted, our hypothesis that shearing at 50 days of gestation in sheep grazing improved pastures would increase birthweight and weaning weight of lambs was supported. Shearing the ewes during early pregnancy was associated with increased vigour of the lambs in the first hour of life and, although survival rates at 72 h did not differ in this study; increased vigour could be beneficial in other, more severe, weather conditions. The increased vigour may have been associated with a higher colostrum intake, partially explaining the higher survival rate over the first 20 days after birth.

Prepartum shearing, increased birth and weaning weight both in single-bearing and twin-bearing ewes compared with unshorn ewes. These results agree with those of Sphor *et al.* (2011) who, working only with single lambs, reported that shearing at 50 days of gestation caused an increase in birthweight of 1.4 kg, an increment that was maintained up to weaning. In ewes shorn between 70 and 100 days, the greater birthweight of their lambs has been associated with an increased length of gestation (Revell *et al.* 2002; Kenyon *et al.* 2002a; Cam and Kuran 2004; de Barbieri *et al.* 2005b; Banchero *et al.* 2010). However, it is interesting to mention that in our experiment, unlike those studies, both single and twin lambs increased their birthweight with less variation between litters compared with mid or later

Table 2. Least square means ($\pm$ s.e) for time in minutes from birth to the time an attempt was made to stand or suck, successfully stood or sucked and the time sucking in their first hour of life per treatment

The numbers in parentheses represent the percentage of lambs born that attempted to stand and suck and successfully stood and sucked and time sucking. Means with different letters (a,b) within rows are statistically different ($P < 0.05$)

Attribute	Treatment				Significance	
	SPS	SU	TPS	TU	Shearing time	Litter size
Attempted to stand	8.3 $\pm$ 2.6 (97%)	9.8 $\pm$ 2.1 (100%)	11.6 $\pm$ 1.9 (98.2%)	12.8 $\pm$ 1.8 (92.8%)	P 0.43	P 0.12
Successfully stood	21 $\pm$ 1.8 (94.7%)	19.2 $\pm$ 1.6 (97%)	22.9 $\pm$ 1.5 (96%)	24.9 $\pm$ 1.1 (91%)	P 0.83	P 0.77
Attempted to suck	20.4 $\pm$ 3.4 (92%)	23.8 $\pm$ 2.6 (97%)	26.1 $\pm$ 2.5b (84%)	33.7 $\pm$ 2.5a (73%)	P 0.01	P 0.005
Successfully sucked	34.7 $\pm$ 2 (70%)	36.1 $\pm$ 1.9 (76%)	38.0 $\pm$ 1b (60.7%)	42.1 $\pm$ 2a (32%)	P 0.009	P 0.06
Time sucking	31.5 $\pm$ 3.9	34.6 $\pm$ 3.1	36.3 $\pm$ 3.1	41.8 $\pm$ 3.5	P 0.19	P 0.09

Table 3. Least square means for survival rate of the lambs at 72 h after birth, 20 days of age and at weaning

Figures in parentheses represent the total amount of lambs that survived of the lambs born for each treatment ($P < 0.05$)

Survival %	Treatments				Significance	
	SPS	SU	TPS	TU	Shearing time	Litter size
Number of lambs	39	40	54	66		
72 h	92% (36/39)	95.1% (39/41)	98.2% (56/57)	89.7% (61/68)	P 0.26	P 0.67
20 days	82% (32/39)	90.2% (37/41)	89.5%a (51/57)	79.4%b (57/68)	P 0.04	P 0.88
Weaning	82% (32/39)	85.3% (35/41)	78.9%a (45/57)	70.6%b (48/68)	P 0.08	P 0.61

prepartum shearing. In this case, the greater birthweight response of lambs born to ewes under this earlier prepartum shearing might be associated not only with an increased length of gestation but also increased placental development and lamb growth after shearing since shearing is done at least 20–30 days earlier than in other studies, when the placenta is in its maximum growth phase (Ehrhardt and Bell 1995).

Within single lambs, the longer length of gestation and greater birthweight of SPS with respect to lambs born to unshorn ewes are consistent with previous studies of Kenyon *et al.* (2002a) and Revell *et al.* (2002). Despite SPS lambs having a moderate increase in weight (0.5 kg/head), their birthweight was within the range where survival begins to decrease (Dalton *et al.* 1980). Indeed, this was reflected in a decrease in survival of SPS lambs compared with those born to unshorn ewes (76.9% vs 80.4%, respectively). This was reinforced by the greater number of assisted births (15.3% vs 10%, SPS and SU, respectively) in single lambs born to ewes shorn which might end with higher lamb losses.

Kenyon *et al.* (2002b) stated that when lambs have the potential to be born with a high birthweight, there is no evident effect of shearing. If we compare our results with those of Kenyon *et al.* (2002a) and Banchero *et al.* (2010) it can be observed that the weight increase of lambs (as a percentage of their LW) was similar (10% and 8% vs 10%, respectively). When shearing was done in mid-gestation in both experiments the improvement in survival was higher in the lighter lambs as explained before. It has been widely reported that survival rate is high when lamb birthweight ranges between 3.5 and 5 kg (Dalton *et al.* 1980).

When we took into account twin lambs, a higher proportion of those born to shorn ewes were in the window of birthweight with better survival and consequently they presented a higher survival rate compared with twin lambs born to unshorn ewes. The higher

birthweight of TPS lambs might explain the higher survival rate up to weaning of these animals compared with TU. When we compare our results with those of lambs born to ewes shorn later in gestation (Revell *et al.* 2002; Kenyon *et al.* 2002a), the increment in birthweight (as a percentage of their LW) of our experiment was higher suggesting that the mechanisms that account for the higher birthweight had a greater opportunity to be expressed in our study. Low birthweight of twin lambs makes them more susceptible to starvation and exposure and the results of this study, confirms that prepartum shearing is a good tool to enhance the survival of twin lambs, especially if it is done early in gestation. Similar to what was reported by Banchero *et al.* (2010), in this work, the increased length of gestation of the prepartum shearing ewes was associated with increased vigour of twin lambs, although this was not observed in the single lambs. This confirms that there are other mechanisms that may affect the vigour of the lambs at birth, regardless of the increase in length of gestation. Banchero *et al.* (2010) reported more vigorous lambs and greater placental weight in ewes shorn in mid-gestation. In that study as in those of Montossi *et al.* (2005) and Revell *et al.* (2002), the weight of placenta increased. Unfortunately, we did not measure the placenta weight, so we can only speculate that this might be the second factor increasing the birthweight and improving the vigour of lambs born to shorn ewes during gestation.

The higher rate of daily LW gain of lambs born to prepartum shorn ewes during the first 4 weeks of lactation may be related to increased production of milk, confirming the high relationship between milk production and lamb growth in the first third of lactation as described by Dove (1988). These results are similar to those reported by Sphor *et al.* (2011), Cam and Kuran (2004) and Banchero *et al.* (2005). The better milk production in prepartum-shorn ewes could be related to more vigorous lambs that suck more frequently and remove more milk. It can be expected that higher milk production increases the concentration of NEFA

(Quintans *et al.* 2010) however, in our experiment there was no difference between prepartum-shorn ewes compared with unshorn. Similarly results were reported by Symonds *et al.* (1986), that winter-shorn ewes had a significant change in the rate of lipid mobilisation due to cold stress but no differences in plasma concentration of NEFA.

In conclusion, under the conditions of this study early prepartum shearing (Day 50) provided beneficial responses compared with shearing after parturition. Shearing at 50 days of gestation in ewes grazing improved pastures positively affected birthweight and weaning weight of single and twin lambs. Twin lambs born to ewes shorn early in gestation were more vigorous, tried to suck and successfully suckled before twin lambs born to unshorn ewes in the first hour of life.

Increased survival in twin lambs could be the result of an increase in gestation length and greater vigour; however, in single lambs shearing so early in gestation confers no such advantage. Early shearing coincides with the timing of development and growth of the placenta. Thereby shearing at 50 days of gestation becomes a useful tool for sheep farmers, but it is necessary to control the excessive growth pattern of single lambs or otherwise selectively use early pregnancy shearing for twin-bearing ewes. Other possible mechanisms responsible for the effect of early shearing on the offspring performance should be investigated.

References

- Alexander G, Poindron P, Le Neindre P, Stevens D, Lévy F, Bradley L (1986) Importance of the first hour postpartum for exclusive maternal bonding in sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 16, 295–300. doi:10.1016/0168-1591(86)90122-X
- Banchero G, Delucci M, Fernández EM, Quintans G (2005) Milk production and quality of maternal biotypes: Ideal-Ideal, Ideal-De France, Ideal-Milchschaf and Ideal-Texel. Technical update seminar: sheep breeding: recent advances made by INIA. pp. 43–48. (National Institute of Agricultural Research (INIA): Montevideo, Uruguay)
- Banchero G, Vázquez A, Montossi F, De Barbieri I, Quintans G (2010) Prepartum shearing of ewes under pastoral conditions improves the early vigour of both single and twin lambs. *Animal Production Science* 50, 309–314. doi:10.1071/AN09127
- Cam MA, Kuran M (2004) Shearing pregnant ewes to improve lamb birth weight increases milk yield of ewes and lamb weaning weight. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 17, 1669–1673. doi:10.5713/ajas.2004.1669
- Cloete SWP, Van Niekerk FE, Van der Merwe GD (1994) The effect of shearing pregnant ewes prior to a winter-lambing season on ewe and lamb performance in the southern Cape. *South African Journal of Animal Science* 24, 140–142.
- Cornier RA, Kenyon FR, Stafford KJ, West DM, Oliver MH (2010) The effect of different types of stressors during mid and late pregnancy on lamb weight and body size at birth. *Animal* 4, 2065–2070. doi:10.1017/S1751731110001321
- Dalton DC, Knight TW, Johnson DL (1980) Lamb survival in sheep breeds on New Zealand hill country. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 23, 167–173. doi:10.1080/00288233.1980.10430783
- de Barbieri I, Montossi F, Digiero A, Martínez H, Nolla M, Luzardo S, Mederos A, Zamit W, Levratto J, Frugoni J, Lima G, Costales J (2005a) Alternativas de la esquila preparto temprana. Evaluación del impacto del tipo de pene. In 'Seminario de Actualización técnica: reproducción ovina. Recientes avances realizados por el INIA, Uruguay'. *Serie de actividades de Difusión* 401, 104–114. (National Institute of Agricultural Research (INIA): Treinta y Tres y Tacuarembó, Uruguay)
- de Barbieri I, Montossi F, Digiero A, Nolla M, Luzardo S, Martínez H, Zamit W, Levratto J, Frugoni J (2005b) Largo de gestación de ovejas Corriedale: efecto de la esquila preparto temprana. In 'Seminario de Actualización técnica: reproducción ovina. Recientes avances realizados por el INIA, Uruguay'. *Serie de actividades de Difusión* 401, 115–121. (National Institute of Agricultural Research (INIA): Treinta y Tres y Tacuarembó, Uruguay)
- Dove H (1988) Estimation of the intake of milk by lambs, from the turnover of deuterium- or tritium-labelled water. *British Journal of Nutrition* 60, 375–387. doi:10.1079/BJN19880107
- Dwyer CM, Morgan CA (2006) Maintenance of body temperature in the neonatal lamb: effects of breed, birth weight, and litter size. *Journal of Animal Science* 84, 1093–1101. doi:10.2527/2006.8451093x
- Dwyer CM, Lawrence AB, Brown HE, Simm G (1996) Effect of ewe and lamb genotype on gestation length lambing ease and neonatal behaviour of lambs. *Reproduction, Fertility and Development* 8, 1123–1129. doi:10.1071/RD9961123
- Ehrhardt RA, Bell AW (1995) Growth and metabolism of the ovine placenta during mid-gestation. *Placenta* 16, 727–741. doi:10.1016/0143-4004(95)90016-0
- Jopson NB, Davis GH, Farquhar PA, Bain WE (2002) Effects of mid pregnancy nutrition and shearing on ewe body reserves and foetal growth. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 62, 49–52.
- Kelly RW (1992) Nutrition and placental development. *Proc. Nutr. Soc. Aust* 17, 203–210.
- Kenyon FR, Morris ST, Revell DK, McCutcheon SN (1999) Improving lamb birth weight through mid to late-pregnancy shearing: a review of recent studies. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 59, 70–72.
- Kenyon FR, Morris ST, Revell DK, McCutcheon SN (2002a) Maternal constraint and the birth weight response to mid-pregnancy shearing. *Australian Journal of Agricultural Research* 53, 511–517. doi:10.1071/AR01130
- Kenyon FR, Morris ST, McCutcheon SN (2002b) Does an increase in lamb birth weight through mid-pregnancy shearing necessarily mean an increase in lamb survival rates to weaning? *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 62, 53–56.
- Kenyon FR, Morris ST, Revell DK, McCutcheon SN (2003) Shearing during pregnancy: a review of a policy to increase birthweight and survival of lambs in New Zealand pastoral farming systems. *New Zealand Veterinary Journal* 51, 200–207. doi:10.1080/00480169.2003.36368
- Kenyon FR, Revell DK, Morris ST (2006a) Mid-pregnancy shearing can increase birthweight and survival to weaning of multiple-born lambs under commercial conditions. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46, 821–825. doi:10.1071/EA05329
- Montossi F, de Barbieri I, Digiero A, Martínez H, Nolla M, Luzardo S, Mederos A, San Julian R, Zamit W, Levratto J, Frugoni J, Lima G, Costales J (2005) La esquila preparto temprana: una nueva opción para la mejora reproductiva ovina. In 'Seminario de Actualización técnica: reproducción ovina. Recientes avances realizados por el INIA, Uruguay'. *Serie de actividades de Difusión* 401, 85–103. (National Institute of Agricultural Research (INIA): Treinta y Tres y Tacuarembó, Uruguay)
- Morris ST, McCutcheon SN (1997) Selective enhancement of growth in twin foetuses by shearing ewes in early gestation. *Animal Science* 76, 215–238.
- Morris ST, McCutcheon SN, Revell DK (2000) Birth weight responses to shearing ewes in early to mid gestation. *Animal Science* 70, 363–369. doi:10.1017/S1357729800054825
- Nowak R, Pascal P (2006) From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reproduction, Nutrition, Development* 46, 431–446. doi:10.1051/rnd:2006023

- Osgerby JC, Wathes DC, Howard D, Gadd TS (2002) The effect of maternal undernutrition on ovine fetal growth. *The Journal of Endocrinology* 173, 131–141. doi:10.1677/joe.0.1730131
- Quintans G, Banchero G, Carriquiry M, López-Mazz C, Baldi F (2010) Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. *Animal Production Science* 50, 931–938. doi:10.1071/AN10021
- Revell DK, Morris ST, Cottam YH, Hanna JE, Thomas DG, Brown S, McCutcheon SN (2002) Shearing ewes at mid-pregnancy is associated with changes in fetal growth. *Australian Journal of Agricultural Research* 53, 697–705. doi:10.1071/AR01140
- Reynolds LP, Borowicz PP, Vonnahme KA, Johnson ML, Grazul-Bilska AT, Redmer DA, Caton JS (2005) Placental angiogenesis in sheep models of compromised pregnancy. *The Journal of Physiology* 565, 43–58. doi:10.1113/jphysiol.2004.081745
- Russel AJF, Doney JM, Gunn RG (1969) Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 72, 451–454. doi:10.1017/S0021859600024874
- Rutter W, Laird TR, Broadent PJ (1972) A note on the effects of clipping pregnant ewes at housing. *Animal Production* 14, 127–130. doi:10.1017/S0003356100000374
- Smeaton DC, Webby RW, Tarbotton IS, Clayton JB (2000) The effects of shearing Finnish Landrace Romney ewes in mid-pregnancy on lamb survival, birthweight and other weights. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 45, 58–60.
- Sphor L, Banchero G, Correa G, Osorio MTM, Quintans G (2011) Early prepartum shearing increases milk production of wool sheep and the weight of the lambs at birth and weaning. *Small Ruminant Research* 99, 44–47. doi:10.1016/j.smallrumres.2011.03.007
- Symonds ME, Bryant MJ, Lomax MA (1986) The effect of shearing on the energy metabolism of the pregnant ewe. *British Journal of Nutrition* 56, 635–643. doi:10.1079/BJN19860144
- Thompson GE, Bassett JM, Sarson DE, Slee J (1982) The effects of cold exposure of pregnant sheep on foetal plasma nutrients, hormones and birth weight. *British Journal of Nutrition* 48, 59–64. doi:10.1079/BJN19820087
- Verbeek E, Oliver MH, Wass JR, McLeay LM, Blache D, Matthews LR (2012) Reduced cortisol and metabolic responses of thin ewes to an acute cold challenge in mid-pregnancy: implications for animal physiology and welfare. *PLoS One* 7(5), e37315. doi:10.1371/journal.pone.0037315
- Vipond JE, King ME, Inglis DM, Hunter EA (1987) The effect of winter shearing of housed pregnant ewes on food intake and animal performance. *Animal Production* 45, 211–221. doi:10.1017/S0003356100018808
- Vonnahme KA (2012) How the maternal environment impacts fetal and placental development: implications for livestock production. *Animal Reproduction* 9, 789–797.
- Wolfinger R, O'Connell M (1993) Generalized linear mixed models: a pseudo-likelihood approach. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 48, 233–243. doi:10.1080/00949659308811554

3. EFECTO DE LA ESQUILA EN EL PRIMER TERCIO DE LA GESTACIÓN SOBRE EL CRECIMIENTO, EL DESARROLLO Y COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO, Y LA RESPUESTA AL DESAFÍO PARASITARIO DE LOS CORDEROS Y CORDERAS DESDE EL DESTETE Y HASTA LOS 18 MESES DE EDAD

3.1. EFFECT OF EARLY SHEARING DURING GESTATION ON THE PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE BEHAVIOR OF FEMALE SHEEP OFFSPRING IN THEIR FIRST 18 MONTHS OF AGE (Este artículo fue publicado en la revista Animal).

El objetivo fue comparar el efecto de la esquila en el primer tercio de la gestación sobre el crecimiento y desarrollo, la performance reproductiva y la respuesta al desafío parasitario de las corderas desde el momento del destete y hasta los 18 meses de edad.

La hipótesis de este estudio fue que la esquila en el día 50 de gestación de las ovejas pastoreando pasturas mejoradas puede tener efectos beneficiosos sobre el desempeño productivo y reproductivo y en la salud de las corderas desde el destete en adelante.

La esquila temprano en la gestación no mostró efectos sobre el peso vivo y la condición corporal de las corderas. Se observó una tendencia a una mayor concentración de huevos de parásitos gastrointestinales por gramo de materia fecal (hpg/MF) y un mayor número de dosificaciones antihelmínticas estratégicas en las corderas nacidas de ovejas esquiladas después del parto respecto a las corderas nacidas de ovejas esquiladas en el primer tercio de gestación. Estos resultados son muy interesantes dado que la parasitosis gastrointestinal representa el principal problema productivo en los sistemas pastoriles de producción ovina. Sin embargo, no se observaron diferencias en la edad a la pubertad y la cantidad de corderas que la alcanzaron en el primer otoño de vida y en la tasa ovulatoria.

Effect of early shearing during gestation on the productive and reproductive behavior of female sheep offspring in their first 18 months of age

C. López-Mazz^{1†}, F. Baldi², G. Quintans³, P. R. Kenyon⁴, O. Correa⁵, M. Regueiro¹, A. Álvarez-Oxiley¹ and G. E. Banchero⁶ 

¹Department of Animal Production and Pastures, Faculty of Agronomy, Av. Garzón 780, Montevideo 12900, Uruguay; ²Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Via de Acesso Castellane s/n, Jaboticabal 14884-900, São Paulo, Brazil; ³National Institute for Agricultural Research, Ruta 8, km 281, Treinta y Tres 33000, Uruguay; ⁴Sheep Research Centre, Institute of Veterinary, Animal and Biomedical Sciences, Massey University, Palmerston North 4442, New Zealand; ⁵Department of Veterinary Parasitology, Veterinary Faculty, Las places 1550, Montevideo 11600, Uruguay; ⁶National Institute for Agricultural Research, Ruta 50, km 11, Colonia 70006, Uruguay

(Received 19 September 2018; Accepted 17 September 2019)

The research has shown the interesting contributions of shearing in mid-gestation on the performance of lambs from birth to weaning. Other studies have reported that shearing at early pregnancy influences the development of the placenta and lamb live weight at birth. However, there was a lack of information on the effect of early-prepartum shearing on the behavior of the offspring from weaning onward. This study evaluated the effect of shearing ewes at 50 days of gestation on the growth, reproductive behavior and response to a gastrointestinal parasite challenge in the female offspring from weaning to 18 months old. Fifty-seven Polwarth female lambs were used, 22 being singles and 35 twins born to ewes either shorn at 50 days of pregnancy (PS, n = 23) or shorn at 62 days postpartum (U, control, n = 34) resulting in four subgroups: single lambs born to PS ewes (n = 8), born to U ewes (n = 14), twin lambs born to PS ewes (n = 15) or born to U ewes (n = 20). All progeny were managed together under improved pasture with a minimum forage allowance of 6% live weight on dry basis. Body weight, body condition score and fecal eggs count were recorded every 14 days from weaning to 18 months of age. Concentrations of progesterone were measured weekly (from 4 to 10 months of age and from 14 to 18 months of age) to establish the onset of puberty. Ovulation rate at an induced and a natural heat (545 ± 1.0 and 562 ± 1.0 day old) was recorded. Prepartum shearing did not affect the age at puberty or the ovulation rate of female offspring, but those born as singles were more precocious ($P = 0.03$) and heavier ($P = 0.02$) at puberty than twin born lambs. Both the average value of parasite egg count ($P = 0.07$) and the Famacha index ($P = 0.02$) for the entire study period were lower in lambs born to prepartum shorn ewes than those born to postpartum shorn ewes. In conclusion, shearing at 50 days of gestation did not affect the growth or the reproductive behavior of female offspring. However, female lambs born from ewe shorn during gestation showed a better response to the parasitic challenge, and further research is required to confirm this.

Keywords: early shearing, growth, reproduction, immunity, female progeny

Implications

Gastrointestinal parasites severely compromise the growth and health of lambs after weaning. The use of anthelmintic drugs and the new alternative methods of parasitic control by farmers have not yet provided sustainable results. The results of this investigation show that lamb females born to ewes shorn at 50 days of gestation have a better response to the parasitic challenge and this might justify further investigation.

[†] E-mail: tatolopezmazz@gmail.com

Introduction

Shearing adult ewes at mid-pregnancy (days 70 to 90) has consistently enhanced lamb birth weight (Smeaton *et al.*, 2000; Kenyon *et al.*, 2003) and has increased the number of lambs that survive after weaning (Kenyon *et al.*, 2003; De Barbieri *et al.*, 2018). The increased survival has been linked to a higher live weight at birth (Morris *et al.*, 1999), greater vigor of the lambs immediately after birth (Banchero *et al.*, 2010) and greater production of milk by the ewes (Cam and Kuran, 2004).

Shearing at the end of the first third of gestation (day 50) has also been shown to increase the weight of the lambs at both lambing and weaning (Morris *et al.*, 2000; Sphor *et al.*, 2011), as well as result in more vigorous lambs at birth (López-Mazz *et al.*, 2017) with a greater production of milk by the ewes (Sphor *et al.*, 2011) compared to unshorn ewes.

To date the majority of research on prepartum shearing has focused on the period from birth to weaning. However, there is a lack of information on the effect of prepartum shearing on growth, reproductive behavior and health of the female offspring post weaning. This may be particularly of interest for early gestation shearing because, at this time, organogenesis and the growth of the fetus and placenta take place, which can potentially influence the performance of organs and tissues in adult life (Kelly, 1992; Heasman *et al.*, 1999).

The placenta has a fundamental role in the regulation of development and growth of the fetus (Bauer *et al.*, 1998), and therefore, potentially both shorter- and longer-term outcomes of shearing may be mediated by changes in the size and activity of the placenta (Morris and McCutcheon, 1997; Kenyon *et al.*, 2003). However, to date contradictory results have been observed by Banchero *et al.* (2010) who observed an increase in placental weight, while Revell *et al.* (2002) and de Barbieri *et al.* (2018) did not. Placental weight is not a measure that indicates activity level of the placental vascular function.

It is known that the sub-optimal nutrition of the dam during pregnancy can affect placental growth and development (Ehrhardt and Bell, 1995), and alter uterus-placental blood flow and the partition of nutrients between mother and fetus (Redmer *et al.*, 2004; Vonnahme *et al.*, 2013). Previous studies have reported that poor nutrition in the first two-thirds of gestation can affect growth and body development (Greenwood *et al.*, 2010), health (Cronjé, 2003) and the reproductive behavior (Gunn *et al.*, 1995; Rae *et al.*, 2002) of the offspring in adult life.

The intense period of growth and development of the ovine placenta occurs in the first 80 days of gestation (Kelly, 1992) coinciding with early pregnancy shearing (Robinson *et al.*, 1995). There is a marked increase in the vascularization of the placenta (Grazul-Bilska *et al.*, 2011), and consequently an increased placental uterine blood flow in this period (Reynolds *et al.*, 2010). These changes help provide a greater level of energy substrate (Reynolds and Redmer, 1995) that can influence the growth and development of the fetus, which, in turn, could have implications for long-term performance of the offspring.

Thus, the hypothesis of this study was that shearing of ewes at day 50 of gestation under grazing conditions will improve the productive and reproductive performance of female offspring to 18 months of age. We also examined the effects of shearing on egg count of gastrointestinal parasites in fecal matter as an indirect indicator of parasitic load of the offspring.

Material and methods

The present study was conducted at the Experimental Sheep Unit of National Institute for Agricultural Research, 'La Estanzuela' Uruguay (latitude 34°19'57"S, longitude 57°40'07"W), in accordance with the Experimental Directive concerning the use of Animals for Experimentation of the University of the Republic (UDELAR), Veterinary Faculty.

Materials and methods to provide the female lambs of this study were described in López-Mazz *et al.* (2017); briefly, the dams of the female lambs in the present study were from a single flock that were artificially inseminated in autumn (April, the shortest day in Uruguay is June 21). On day 40 of gestation, Polwarth ewes (wool type) were pregnancy diagnosed to determine litter size, and on day 50 of gestation the ewes were randomly allocated to one of four treatments, including two factors: shearing time (prepartum (PS) and postpartum (U)) and litter size (single (S) and twin (T)) resulting in the following treatments: single-bearing ewes shorn at 50 days of gestation, single-bearing ewes unshorn (shorn postpartum), twin-bearing ewes shorn at 50 days of gestation and twins-bearing ewes unshorn. These treatments combined resulted in 57 female lambs; 22 reared as single and 35 reared as twins at weaning. Only female lambs from full sets alive at weaning were used for the present study.

Location, animals and experimental design

At weaning (104 ± 7 days old), 57 female lambs from the four experimental groups were used in the present study: (i) single female lambs born to PS ewes (SPS, $n = 8$), (ii) single female lambs born to U ewes (SU, $n = 14$), (iii) twin female lambs born PS ewes (TPS, $n = 15$) and (iv) twin female lambs born to U ewes (TU, $n = 20$). Their BW at weaning was 22.7 ± 0.9 , 21.3 ± 0.7 , 16.8 ± 0.7 and 16.8 ± 0.7 kg for SPS, SU, TPS and TU respectively. These progenies were evaluated until they were 18 months of age. After weaning, all female lambs were managed as a single flock and grazed *ad libitum* with improved pasture of alfalfa (*Medicago sativa*) or a mixture of red clover (*Trifolium pratense*) and ryegrass (*Lolium multiflorum*) with a minimum of forage allowance 6% live weight (9.8 MJ metabolizable energy/kg DM, with permanent access to good quality water. Forage availability was estimated by the double sampling method (Haydock and Shaw, 1975). The pasture nutritional value throughout the experimental period is presented in Table 1.

BW and body condition score

Body weight was recorded once every 2 weeks, from weaning to 18 months of age, and the data were used to calculate the average daily gain. Body condition score (BCS) was recorded from 4.4 months of age (scale of 0 to 5; Russel *et al.*, 1969) to 18 months. Both measurements were made early in the morning, without prior fasting.

Blood sampling and immunoassays

Blood samples were collected weekly to measure plasma progesterone concentrations to detect the onset of puberty

Table 1 Feed analysis of the pastures diet offered to ewes

Attribute	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer
DM (%)	96.9 to 97.5	96.9 to 97.5	96.8 to 97.0	96.1 to 96.6	88.1 to 89.0
CP (%)	11.5 to 25.7	17.3 to 32.8	10.7 to 27.6	13.3 to 14	15.3 to 15.8
ADF (%)	26.7 to 46.1	27.3 to 47.4	24.4 to 25.8	32.5 to 34	24.1 to 26.2
NDF (%)	40 to 62.7	40.3 to 70	40.3 to 45.2	54.0	41.1 to 45
ASH (%)	8.2 to 10.6	9.4 to 14.6	7.2 to 11.3	11.0	7.8 to 8.2

AHS = Ashes %.

The values represent the range (maximum and minimum) for each of the variables considered.

(~4 to 10 months of age) and the onset of ovarian activity at the next breeding season (14 to 18 months of age). Blood was collected by jugular venipuncture using heparin lithium vacutainers (Franklin Lakes, NJ, USA), centrifuged (2000×g/15 min) at laboratory temperature within the first hour of collection and plasma was frozen at -20°C until hormone analysis (Laboratory of Endocrinology at the Faculty of Agriculture, UDELAR). Progesterone concentration was determined by radioimmunoassay a solid phase (Coat and Count, Diagnostic Products Co., Siemens, Los Angeles, CA, USA). The limit of detection was 0.02 ng/ml, and the intra- and inter-assay coefficient of variation for the onset of puberty were 10% and 8.5% in low control (0.6 ng/ml), 5.8% and 7.7% medium control (2.0 ng/ml) and 11% and 7.8% in high control (7.7 ng/ml). Intra- and inter-assay coefficients of variation to detect the start of ovarian activity for the next breeding season were 8.7% and 8.5%, respectively, in low control (0.6 ng/ml); 5.8% and 7.7% medium control (2.0 ng/ml) and 11% and 7.8% in high control (7.7 ng/ml).

Onset of puberty

The onset of endocrine puberty was defined as the first increase in plasma progesterone concentration ≥ 1 ng/ml that was followed by at least two consecutive values greater than or equal to 0.6 ng/ml (Kotsampasi *et al.*, 2009). Blood samples were collected weekly from 132 ± 1.0 to 321 ± 7.5 days of age. Fifteen days before the start blood sampling (117 ± 1.0 day) and in order to establish the best time for the start of ovarian ultrasounds (OUs), estrus detection was initiated. Female lambs were managed together with two male teasers (wethers, castrated males), which had received a dose of 5 ml of testosterone (500 mg Testosterone Cyclopentylpropionate; Testosterone Ultra Lenta® Dispert Montevideo, Uruguay), and boosted with 1 ml of testosterone (100 mg CT), once every 15 days. The teasers were painted in the chest with color paint (changing colors each 14 days) and female lambs were observed three times a week to identify and record those that were marked on the rump, indicative of accepting the mount by the male and therefore in estrus. In addition, the onset of ovarian activity, through the presence of luteal structures on the surface of the ovary, was checked on six occasions between February and June 2013 (147 ± 0.8 to 273 ± 0.9 days old, birth: spring year 2012), using a real-time B-mode

scanner Aloka 500 (Tokyo, Japan) with a 7.5 MHz transducer for transrectal examination.

Ovarian activity of the second breeding season

From November (416 days of age on average) onward, the offspring were bled weekly to determine the concentration of plasma progesterone to establish the commencement of luteal activity of the first breeding season after puberty. Simultaneously, estrus was detected via teasers to confirm the presence of ovarian activity according to the methods described earlier.

Ovulatory rate

The ovulatory rate (OR) was determined at 18 months at age and was defined according to the criteria used by Banchemo *et al.* (2012). Two consecutive determinations were made, the first in an induced heat (IH) and then in the next natural heat (NH). Estrus was synchronized with two doses of 160 mg Delprostenate (Glandinex, Universal Laboratory, Uruguay) separated by 10 days, and 8 days after the second injection the first OU was performed (beginning at approximately 542 days old on average; light-dark relationship 12 h 23/11 h 37). During this IH estrus synchronization, two androgenized male teasers (wethers) were placed with the ewe progeny to detect their next estrus, and 8 days after the ewes showed an IH estrus an OU was performed to determine the OR (light-dark relationship 11 h 42/12 h 18) in NH.

Fecal egg count (eggs/g of feces)

Fecal egg count (FEC) was measured for all female lambs, once every 2 weeks, from 30 days post weaning (first autumn of life) until 18 months old. Fecal samples were collected from the rectum, and the modified McMaster technique (Withlock, 1948) was used to determine the number of eggs per gram of fecal matter, with a sensitivity of 40 eggs/g. In addition, with a pool of fecal samples from different animals, larval cultures were carried out to identify the seasonal distribution of the different parasitic genera present (Corticelli and Lai, 1963). All analyzes were performed out in the Parasitology Laboratory of the Faculty of Veterinary Medicine, UDELAR.

An individual selective treatment (FAMACHA system) was used for situations where individual parasite burden could compromise their health status (Van Wyk and Bath, 2002).

Table 1 Feed analysis of the pastures diet offered to ewes

Attribute	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer
DM (%)	96.9 to 97.5	96.9 to 97.5	96.8 to 97.0	96.1 to 96.6	88.1 to 89.0
CP (%)	11.5 to 25.7	17.3 to 32.8	10.7 to 27.6	13.3 to 14	15.3 to 15.8
ADF (%)	26.7 to 46.1	27.3 to 47.4	24.4 to 25.8	32.5 to 34	24.1 to 26.2
NDF (%)	40 to 62.7	40.3 to 70	40.3 to 45.2	54.0	41.1 to 45
ASH (%)	8.2 to 10.6	9.4 to 14.6	7.2 to 11.3	11.0	7.8 to 8.2

AHS = Ashes %.

The values represent the range (maximum and minimum) for each of the variables considered.

(~4 to 10 months of age) and the onset of ovarian activity at the next breeding season (14 to 18 months of age). Blood was collected by jugular venipuncture using heparin lithium vacutainers (Franklin Lakes, NJ, USA), centrifuged (2000×g/15 min) at laboratory temperature within the first hour of collection and plasma was frozen at -20°C until hormone analysis (Laboratory of Endocrinology at the Faculty of Agriculture, UDELAR). Progesterone concentration was determined by radioimmunoassay a solid phase (Coat and Count, Diagnostic Products Co., Siemens, Los Angeles, CA, USA). The limit of detection was 0.02 ng/ml, and the intra- and inter-assay coefficient of variation for the onset of puberty were 10% and 8.5% in low control (0.6 ng/ml), 5.8% and 7.7% medium control (2.0 ng/ml) and 11% and 7.8% in high control (7.7 ng/ml). Intra- and inter-assay coefficients of variation to detect the start of ovarian activity for the next breeding season were 8.7% and 8.5%, respectively, in low control (0.6 ng/ml); 5.8% and 7.7% medium control (2.0 ng/ml) and 11% and 7.8% in high control (7.7 ng/ml).

Onset of puberty

The onset of endocrine puberty was defined as the first increase in plasma progesterone concentration ≥ 1 ng/ml that was followed by at least two consecutive values greater than or equal to 0.6 ng/ml (Kotsampasi *et al.*, 2009). Blood samples were collected weekly from 132 ± 1.0 to 321 ± 7.5 days of age. Fifteen days before the start blood sampling (117 ± 1.0 day) and in order to establish the best time for the start of ovarian ultrasounds (OUs), estrus detection was initiated. Female lambs were managed together with two male teasers (wethers, castrated males), which had received a dose of 5 ml of testosterone (500 mg Testosterone Cyclopentylpropionate; Testosterone Ultra Lenta® Dispert Montevideo, Uruguay), and boosted with 1 ml of testosterone (100 mg CT), once every 15 days. The teasers were painted in the chest with color paint (changing colors each 14 days) and female lambs were observed three times a week to identify and record those that were marked on the rump, indicative of accepting the mount by the male and therefore in estrus. In addition, the onset of ovarian activity, through the presence of luteal structures on the surface of the ovary, was checked on six occasions between February and June 2013 (147 ± 0.8 to 273 ± 0.9 days old, birth: spring year 2012), using a real-time B-mode

scanner Aloka 500 (Tokyo, Japan) with a 7.5 MHz transducer for transrectal examination.

Ovarian activity of the second breeding season

From November (416 days of age on average) onward, the offspring were bled weekly to determine the concentration of plasma progesterone to establish the commencement of luteal activity of the first breeding season after puberty. Simultaneously, estrus was detected via teasers to confirm the presence of ovarian activity according to the methods described earlier.

Ovulatory rate

The ovulatory rate (OR) was determined at 18 months at age and was defined according to the criteria used by Banchemo *et al.* (2012). Two consecutive determinations were made, the first in an induced heat (IH) and then in the next natural heat (NH). Estrus was synchronized with two doses of 160 mg Delprostenate (Glandinex, Universal Laboratory, Uruguay) separated by 10 days, and 8 days after the second injection the first OU was performed (beginning at approximately 542 days old on average; light-dark relationship 12 h 23/11 h 37). During this IH estrus synchronization, two androgenized male teasers (wethers) were placed with the ewe progeny to detect their next estrus, and 8 days after the ewes showed an IH estrus an OU was performed to determine the OR (light-dark relationship 11 h 42/12 h 18) in NH.

Fecal egg count (eggs/g of feces)

Fecal egg count (FEC) was measured for all female lambs, once every 2 weeks, from 30 days post weaning (first autumn of life) until 18 months old. Fecal samples were collected from the rectum, and the modified McMaster technique (Withlock, 1948) was used to determine the number of eggs per gram of fecal matter, with a sensitivity of 40 eggs/g. In addition, with a pool of fecal samples from different animals, larval cultures were carried out to identify the seasonal distribution of the different parasitic genera present (Corticelli and Lai, 1963). All analyzes were performed out in the Parasitology Laboratory of the Faculty of Veterinary Medicine, UDELAR.

An individual selective treatment (FAMACHA system) was used for situations where individual parasite burden could compromise their health status (Van Wyk and Bath, 2002).

Total dosage index, which was defined as the total number anthelmintic dosages during the experimental period divided by the number of progeny, and the Famacha index (FI) as the number of selective anthelmintic dosages divided by the total number of female lambs were determined.

It is well known that parasitic counts within individuals of a population do not have a normal distribution; on the contrary, it is common for few individuals to carry high parasite loads (Nari *et al.*, 2003). Therefore, for the analysis of the FEC, records with values greater than 500 eggs/g FECs lower than these indicate low parasitic loads or animals in a state of resilience, which would not compromise the productive behavior of the animals (Ueno and Gonçalves, 1998).

Statistical analyses

Body weight and body condition data were analyzed by ANOVA using a GLM for repeated measures with PROC MIXED procedure of SAS (SAS 9.3) using the restricted likelihood method that included the fixed effects of shearing time and litter size and their interactions. For repeated measures analyses, different structures were tested to model the residual covariance matrices and to select the most adequate covariance structure to model the residuals. For this, the Akaike information criteria and Schwarz Bayesian (Wolfinger and O'Connell, 1993) were used. Age of puberty was analyzed using PROC MIXED with a GLM that included the fixed effects of shearing time and litter size and their interactions. Puberty (achieved or not, by 321 days age) was analyzed using the GLM assuming a binomial distribution and logit link function with PROC GLIMMIX including in the model the fixed effects of shearing time, litter size and their interaction. Ovulatory rate data were analyzed with a non-linear model assuming a binomial distribution of the variable using the GENMOD procedure. Fecal egg count data were log transformed before analysis, and later were applied a repeated measurement analysis. Total dosage index and FI data were analyzed using GLM assuming a distribution of Poisson with GLIMMIX procedure. All analyses were performed with the statistical package

SAS 9.3 (SAS, 2001). The interactions were compared by Tukey–Kramer test, and significant values were assumed to be under a P value of <0.05 and a trend with P values of ≥ 0.05 and ≤ 0.10 . All data were presented as least square means $\pm$ standard error (SEM).

Results

BW and body condition score

Shearing treatment had no effect on BW of female lambs (Table 2). The BCS was not affected by the shearing or birth rank treatments (Table 2).

Onset of puberty and restart of ovarian activity

The number of female lambs that reached puberty in their first autumn of life was not affected by either shearing or litter size treatment (Table 3). Shearing treatment did not affect mean age at the onset of puberty (Table 3). Body weight at puberty was greater ($P=0.02$) in lambs born from PS ewes than those born from U ewes (29.0 ± 0.5 v. 27.9 ± 0.6 kg, respectively). Single born offspring were heavier at puberty (29.1 ± 0.8 v. 27.7 ± 0.6 kg; $P=0.02$) and reached puberty at a younger age ($P=0.03$; 188.6 ± 5.5 v. 204.7 ± 0.6 day) than their twin born counterparts. Nineteen lambs of the 57 (33%) studied did not reach puberty within their first autumn, confirmed by plasma progesterone concentration, oestrus detection and absence of luteal structures on the surface of the ovary. Eight of the 23 (34, 7%) lambs of the PS group (S, $n=2$ and T, $n=6$) and 11 of the 34 (32%) lambs of the U group (S, $n=4$ and T, $n=7$), did not exhibit oestrus behavior within their first autumn. All female lambs showed estrus at the second breeding season, and the mean age was not different between treatments (Table 3). Twin born offspring showed ovarian activity at the second breeding season at a younger age ($P=0.02$; 297.7 ± 8.5 and 329.1 ± 10.2 days) and a lower BW ($P=0.10$; 38.3 ± 1.1 and 41.3 ± 1.3 kg) than those born as a single.

Table 2 Least square means ($\pm$ SEM) for BW, body condition score (BCS) and the $\log_{10}$ (gastrointestinal parasites spp.) transformation of the count of gastrointestinal parasites eggs per gram of feces of female single and twin progeny born to pre-partum or post-partum shearing ewes. Back transformed values are shown in parenthesis

Attribute	Treatments				P-values		
	PS	U	SINGLE	TWIN	Shearing treatment	Litter size	St $\times$ Br
Number of lambs	23	34	22	35			
BW (kg)	31.1 ± 0.8	30.7 ± 0.7	32.9 ± 0.9^a	29.0 ± 0.6^b	0.75	0.001	0.20
BCS (units)	2.0 ± 0.02	1.9 ± 0.02	2.0 ± 0.03	1.9 ± 0.02	0.82	0.10	0.19
Fecal egg count $\log_{10}$ (FEC)	3.27 ± 0.09 (1895)	3.34 ± 0.06 (2195)	3.27 ± 0.06 (1880)	3.28 ± 0.05 (1920)	0.07	0.19	0.48
Number of samples measured	104 (18.6%)	151 (17.7%)	100 (31%)	154 (28%)			
FI	0.87 ^a	2.14 ^a	1.8	2.05	0.02	0.15	0.10

PS = pre-partum shearing; U = postpartum control shearing; SINGLE = single lambs; TWIN = twin lambs; FI = Famacha index.

FI: number of selective anthelmintic dosages divided by the total number of female lambs. Means within rows followed by a different letter are significantly different ($P < 0.05$).

St $\times$ Br: Interaction Shearing treatment $\times$ Birth rank.

Table 3 Least square means ($\pm$ SEM) for percentage of ewe lambs that reached puberty, age at puberty, percentage of ewe lambs that displayed ovarian activity (OA) in the second breeding season (BS), age at the beginning of OA in the second BS and the ovulatory rate (OR, total number of luteal bodies (LB) in relation to the total number of ewe lambs that exhibit oestrus)

Attribute	Treatment				P-values		
	PS	U	SINGLE	TWIN	Shearing treatment	Litter size	St $\times$ Br
Number of lambs	23	34	22	35			
Puberty (%)	65.2% (15/23)	62.8% (23/34)	67.6% (16/22)	62.8% (22/35)	0.97	0.41	0.74
Age (days)	196.8 $\pm$ 5.6	196.6 $\pm$ 4.4	188.6 $\pm$ 4.6 ^a	204.7 $\pm$ 4.6 ^a	0.97	0.03	0.79
OA (%) 2nd BS	100% (23/23)	100% (34/34)	100% (22/22)	100% (35/35)			
Age (days)	312.9 $\pm$ 10.2	314.5 $\pm$ 8.2	332.9 $\pm$ 9.9 ^a	294.5 $\pm$ 8.4 ^a	0.89	0.05	0.61
OR (LB)	1.33 $\pm$ 0.07 (65/49)	1.36 $\pm$ 0.06 (91/67)	1.38 $\pm$ 0.08 (58/42)	1.32 $\pm$ 0.08 (98/74)	0.92	0.63	0.27

PS = pre-partum shearing; U = *postpartum* control shearing; SINGLE = single lambs; TWIN = twin lambs.

Means within rows followed by a different letter are significantly different ($P < 0.05$).

The figures in parentheses represent number of ewe lambs that reached puberty or have ovarian activity in the second reproductive season. St $\times$ Br: Interaction Shearing treatment $\times$ Birth rank.

Ovulatory rate

Either shearing or litter size did not affect ovulation rate. In the IH, single female lambs born to ewes shorn in early pregnancy were heavier ($P = 0.002$; 42.0 ± 1.6 v. 40.0 ± 3.7 kg) than single female lambs born from ewes shorn *postpartum*. There was a trend ($P = 0.08$) for a higher OR in NH (1.4 ± 0.1 v. 1.5 ± 0.1 ; PS and U, respectively) than IH (1.3 ± 0.1 v. 1.2 ± 0.1 ; for PS and U).

Faecal egg count

The overall FEC tended to be lower ($P = 0.07$) in PS than U female lambs (Table 2). During the experimental period no differences in FEC were detected between single and twin born progeny (Table 2). The FEC response varied significantly ($P < 0.0001$) over time. The value of FI was lower ($P = 0.02$) in PS than U female lambs (0.2 ± 0.2 v. 0.7 ± 0.1). The FI did not differ between single and twin born female lambs (0.3 ± 0.2 v. 0.6 ± 0.1). The SU female lambs had higher FI ($P = 0.03$) than SPS lambs (0.5 ± 0.2 v. 0.8 ± 0.2). Total dosage index was not affected by shearing or birth rank treatment.

Discussion

In the present study, there was no effect of dam shearing treatment on offspring BW from weaning to the end of the studied period. The positive effect of early shearing on birth weight and weaning weight of lambs reported by López-Mazz *et al.* (2017) disappeared after weaning. However, the heavier BW of singles female lambs compared to twin lambs remained beyond weaning.

The number of female lambs that reached puberty in the first autumn of life and the age at which it occurred was not affected by shearing treatment. In this study, prepartum shearing coincided with the period of rapid embryo and fetal organ development especially in those that make up the reproductive system and the neuroendocrine mechanisms that regulate it (Rhind, 2004; Ashworth *et al.*, 2005).

Although the stage of fetal organogenesis is very sensitive to the action of nutritional and environmental stimuli, in this study no effect of early shearing on the development and reproductive behavior of the offspring was observed. It is possible that the energy priorities at this stage of embryonic development of the fetus are in other organs and systems more important for the life of the embryo (Osgerby *et al.*, 2002) rather than the reproductive system. In addition, the lack of effect of an early shearing effect on the reproductive behavior and performance of ewe progeny could be due to the low number of experimental animals utilized.

In this study, single born lambs were heavier at puberty and more precocious than twin born counterparts. This relationship between BW and the early onset of puberty has been reported previously (Foster *et al.*, 1985).

Surprisingly, early shearing was associated with a decrease in the number of eggs per gram of gastrointestinal parasites in the fecal matter and in a lower FI. This is the first time such an effect has been reported and is potentially an important finding. However, results observed in this study should be interpreted with some caution. It is necessary to repeat these studies before firm conclusion and recommendations can be made.

There is evidence that nutrition (Moore, 1998) and stress (Tuchscherer *et al.*, 2002) can affect the immune system of the development fetus (Liu *et al.*, 2015). Indeed, Cronjé (2003) suggested that nutrition and stress during pregnancy may influence the genetic expression of the immune system, and that these effects may persist for a long time in the animal. Rooke *et al.* (2010) and Paten *et al.* (2011) reported increases in the count of parasite eggs in fecal matter in lambs less than 1 year of old born from ewes with restricted nutritional level in the first half of gestation.

The physiological and phenotypic responses in the offspring depend on the type of signal or stimulus, the duration of it and the stage of the gestation when it is applied (Greenwood *et al.*, 2010). The majority of programming work on fetus development in sheep has utilized a nutritional model generally with either severe energy and/or protein

restrictions for long periods of time in early and mid-gestation (Kenyon and Blair, 2014). Shearing an ewe in gestation during the winter period can cause her to need to increase heat energy to maintain her body temperature. Studies have shown that shearing in winter under outdoor conditions may not result in an increase in intake (Kenyon *et al.*, 2003). Under these conditions, the ewe will be in a negative energy balance. Thus it would reduce the energy available for the placenta and fetus which may affect their development.

On the other hand, early prepartum shearing also represents a stress event (Comer *et al.*, 2010), to which the ewes respond with important changes in behavior and metabolism (Symonds *et al.*, 1986; Sherlock *et al.*, 2003). However, the stress event associated with shearing is short term. Therefore, it may not be surprising that overall shearing of the dam in early pregnancy had little impact on the progeny in this study.

In conclusion, under the conditions of this study, shearing at 50 days of gestation in ewes grazing improved pastures did not affect the growth and reproductive behavior in female offspring post weaning. Interestingly, female offspring born from early shorn ewes responded better to the parasitic challenge than those born from ewes shorn after lambing. Since parasitism is an important economically limitation in sheep industry more research is warranted.

Acknowledgements

None.

© G. E. Banchemo 0000-0002-1146-3612

Declaration of interest

The authors declare that there is no conflict of interest in this study.

Ethics statement

This review did not require ethics approval.

Software and data repository resources

None of the data were deposited in an official repository.

References

Ashworth CJ, McEvoy TG, Rooke JA and Robinson JJ 2005. Nutritional programming of physiological systems throughout development. *Trends in Developmental Biology* 1, 117–129.

Banchemo G, Vázquez A, Montossi F, De Barbieri I and Quintans G 2010. Pre-partum shearing of ewes under pastoral conditions improves the early vigour of both single and twin lambs. *Animal Production Science* 50, 309–314. <https://doi.org/10.1071/AN09127>

Banchemo G, Vázquez A, Vera M and Quintans G 2012. Adding condensed tannins to the diet increases ovulation rate in sheep. *Animal Production Science* 52, 853–856. <https://doi.org/10.1071/AN11333>

Bauer MK, Harding JE, Bassett NS, Breier BH, Oliver MH, Gallaher BH, Evans PC, Woodall SM and Gluckman PD 1998. Fetal growth and placental function. *Molecular and Cellular Endocrinology* 140, 115–120. [https://doi.org/10.1016/S0303-7207\(98\)00039-2](https://doi.org/10.1016/S0303-7207(98)00039-2)

Cam MA and Kuran M 2004. Shearing pregnant ewes to improve lamb birth weight increases milk yield of ewes and lamb weaning weight. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 17, 1669–1673. <https://doi.org/10.5713/ajas.2004.1669>

Comer RA, Kenyon PR, Stafford KJ, West DM and Oliver MH 2010. The effect of different types of stressors during mid- and late pregnancy on lamb weight and body size at birth. *Animal* 4, 2065–2070. <https://doi.org/10.1017/S1751731110001321>

Corticelli B and Lai M 1963. Ricerche sulla tecnica di coltura delle larve infestive degli strongili gastro-intestinali del bovino. *Acta Medica Veterinaria* anno 9, fascicolo. V / VI.

Cronjé PB 2003. Foetal programming of immune competence. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43, 1427–1430. <https://doi.org/10.1071/EA03005>

De Barbieri I, Montossi F, Vinales C and Kenyon PR 2018. Time of shearing the ewe not only affects lamb live weight and survival at birth and weaning, but also ewe wool production and quality. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 61, 57–66. <https://doi.org/10.1080/00288233.2017.1388825>

Ehrhardt RA and Bell AW 1995. Growth and metabolism of the ovine placenta during mid-gestation. *Placenta* 16, 727–741. [https://doi.org/10.1016/0143-4004\(95\)90016-0](https://doi.org/10.1016/0143-4004(95)90016-0)

Foster DL, Yellon SM and Olster DH 1985. Internal and external determinants of timing of puberty in the female. *Journal of Reproduction & Fertility* 75, 327–344.

Grazu-Bilska AT, Johnson ML, Borowicz PP, Minten M, Bilska JJ, Wroblewski R, Velimirovich M, Coupe LR, Redmer D and Reynolds LP 2011. Placental development during early pregnancy in sheep: cell proliferation, global methylation, and angiogenesis in the fetal placenta. *Reproduction* 141, 529–540. <https://doi.org/10.1530/REP-10-0505>

Greenwood PL, Thompson A and Ford SP 2010. Postnatal consequences of the maternal environment and growth during prenatal life for productivity of ruminants. In *Managing the prenatal environment to enhance livestock productivity* (eds. PL Greenwood, AW Bell, PE Vercoe and GJ Viljoen), pp. 3–36. Springer Science Business Media, Dordrecht, Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3135-8>

Gunn RG, Sim DA and Hunter EA 1995. Effects of nutrition *in utero* and in early life on the subsequent lifetime reproductive performance of Scottish Blackface ewes in two management systems. *Animal Science* 60, 223–230. <https://doi.org/10.1017/S1357729800008389>

Haydock KP and Shaw NH 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15, 663–670. <https://doi.org/10.1071/EA9750663>

Heasman L, Clarke L, Stephenson TJ and Symonds ME 1999. The influence of maternal nutrient restriction in early to mid-gestation on placental and fetal development in sheep. *Proceedings of the Nutrition Society* 58, 283–288. <https://doi.org/10.1017/s0029665199000397>

Kelly RW 1992. Nutrition and placental development. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia* 17, 203–211.

Kenyon PR and Blair HT 2014. Foetal programming in sheep – effects on production. *Small Ruminant Research* 118, 16–30. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.021Get>

Kenyon PR, Morris ST, Revell DK and McCutcheon SN 2003. Shearing during pregnancy – review of a policy to increase birth-weight and survival of lambs in New Zealand pastoral farming systems. *New Zealand Veterinary Journal* 51, 200–207. <https://doi.org/10.1080/00480169.2003.36368>

Kotsampasi B, Chadio S, Papadomichelakis G, Deligeorgis S, Kalogiannis D, Menegatos I and Zervas G 2009. Effects of maternal undernutrition on the hypothalamic-pituitary-gonadal axis function in female sheep offspring. *Reproduction in Domestic Animals* 44, 677–684. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.01046.x>

Liu Y, He S, Zhang Y, Xia W, Li M, Zhang C and Gao F 2015. Effects of intrauterine growth restriction during late pregnancy on the development of the ovine fetal thymus and the T-lymphocyte subpopulation. *American Journal of Reproductive Immunology* 74, 26–37.

López-Mazz C, Baldi F, Quintans G and Banchemo G 2017. Shearing ewes in the first third of gestation improves offspring performance. *Animal Production Science* 58, 1908–1914. <https://doi.org/10.1071/AN16461>

Moore SE 1998. Nutrition, immunity and the fetal and infant origins of disease hypothesis in developing countries. *Proceedings of the Nutrition Society* 57, 241–247.

- Morris ST, Kenyon PR, Burnham DL and McCutcheon SN 1999. The influence of pre-lamb shearing on lamb birthweight and survival. *Proceedings of the New Zealand Grasslands Association* 61, 95–98.
- Morris ST and McCutcheon SN 1997. Selective enhancement of growth in twin foetuses by shearing ewes in early gestation. *Animal Science* 65, 105–110.
- Morris ST, McCutcheon SN and Revell DK 2000. Birth weight responses to shearing ewes in early to mid gestation. *Animal Science* 70, 363–369. <https://doi.org/10.1017/S1357729800054825>
- Nari A, Eddi C, Martins JR and Benavides E 2003. Resistencia a los Antiparasitarios: Estado actual con énfasis en América Latina. *Estudio FAO Producción y Sanidad Animal* 157. FAO, Rome, Italy, pp. 16.
- Osgerby JC, Wathes DC, Howard D and Gadd TS 2002. The effect of maternal undernutrition on ovine fetal growth. *Journal of Endocrinology* 173, 131–141. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1730131>
- Paten AM, Asmad K, Loureiro MFP, Kenyon PR, Pain SJ, Peterson SW, Pomroy WE, Scott I and Blair HT 2011. The effects of dam nutrition during pregnancy on the postnatal growth and puberty attainment of ewe progeny. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 71, 56–58.
- Rae MT, Kyle CE, Miller DW, Hammond AJ, Brooks AN and Rhind SM 2002. The effects of undernutrition, in utero, on reproductive function in adult male and female sheep. *Animal Reproduction Science* 72, 63–71. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(02\)00068-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(02)00068-4)
- Redmer DA, Wallace JM and Reynolds LP 2004. Effect of nutrient intake during pregnancy on fetal and placental growth and vascular development. *Domestic Animal Endocrinology* 27, 199–217. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2004.06.006>
- Revell DK, Morris ST, Cottam YH, Hanna JE, Thomas DG, Brown S and McCutcheon SN 2002. Shearing ewes at mid-pregnancy is associated with changes in fetal growth and development. *Australian Journal of Agricultural Research* 53, 697–705. <https://doi.org/10.1071/AR01140>
- Reynolds LP, Borowicz PP, Caton J S, Vonnahme KA, Luther JS, Hammer CJ, Maddock Carlin KR, Grazul-Bilska AT and Redmer DA 2010. Developmental programming: the concept, large animal models, and the key role of uteroplacental vascular development. *Journal of Animal Science* 88 (E. Suppl.), E61–E72.
- Reynolds LP and Redmer DA 1995. Utero-placental vascular development and placental function. *Journal of Animal Science* 73, 1839–1851. <https://doi.org/10.2527/1995.7361839x>
- Rhind SM 2004. Effects of maternal nutrition on fetal and neonatal reproductive development and function. *Animal Reproduction Science* 82–83, 169–181. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.003>
- Robinson J, Chidzanja S, Kind K, Lok F, Owens P and Owen J 1995. Placental control of fetal growth. *Reproduction Fertility and Development* 7, 333–344. doi:10.1071/rd9950333
- Rooke JA, Houdijk JGM, Mdulvaney K, Ashworth CJ and Dwyer CM 2010. Differential effects of maternal undernutrition between days 1 and 90 of pregnancy on ewe and lamb performance and lamb parasitism in hill or lowland breeds. *Journal of Animal Science* 88, 3833–3842. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-2991>
- Russel AJF, Doney JM and Gunn RG 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 72, 451–454.
- SAS, 2001. SAS Version 8.02. SAS Inst., Cary, NC, USA.
- Sherlock RG, Kenyon PR, Morris ST and Parkinson TJ 2003. Metabolic changes in ewes shorn during mid-pregnancy. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 63, Queenstown, 144–148.
- Smeaton DC, Webby RW, Tarbotton IS and Clayton JB 2000. The effects of shearing Finnish Landrace × Romney ewes in mid-pregnancy on lamb survival, birth weight and other weights. In *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 60, 58–60.
- Sphor L, Banchero G, Correa G, Osorio MTM and Quintans G 2011. Early prepartum shearing increases milk production of wool sheep and the weight of the lambs at birth and weaning. *Small Ruminant Research* 99, 44–47. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.007>
- Symonds ME, Bryant MJ and Lomax MA 1986. The effect of shearing on the energy metabolism of the pregnant ewe. *British Journal of Nutrition* 56, 635–643. <https://doi.org/10.1079/BJN19860144>
- Tuchscherer M, Kanitz E, Otten W and Tuchscherer A 2002. Effects of prenatal stress on cellular and humoral immune response in neonatal pigs. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 86, 195–203. [https://doi.org/10.1016/S0165-2427\(02\)00035-1](https://doi.org/10.1016/S0165-2427(02)00035-1)
- Ueno H and Goncalves PC 1998. Manual para diagnóstico de helmintos de ruminantes. 4th ed. Japan International Cooperation Agency (JICA), Tokyo, Japan. 143p.
- Van Wyk JA and Bath GF 2002. The famacha system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Veterinary Research* 33, 509–529. <https://doi.org/10.1051/vetres:2002036>
- Vonnahme KA, Lemley CD, Shukla P and Rourke STD 2013. Placental programming: how the maternal environment can impact placental function. *Journal of Animal Science* 91, 2467–2480. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5929>
- Withlock HV 1948. Some modifications of the McMaster helminth egg-counting technique and apparatus. *Journal of the Council for Scientific and Industrial Research* 21, 177–180.
- Wolfinger R and O'Connell M 1993. Generalized linear mixed models a pseudo-likelihood approach. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 48, 233–243.

3.2. SHEARING IN THE FIRST THIRD OF GESTATION INCREASES BODY WEIGHT OF SINGLE OR TWIN BORN MALE PROGENY BETWEEN WEANING AND 18 MONTHS OF AGE (El artículo aún no ha sido publicado)

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la esquila de ovejas Polwarth en el primer tercio de gestación sobre las variables de crecimiento corporal, edad a la pubertad y desarrollo testicular de su progenie manejados en pastoreo sobre pasturas mejoradas desde el destete hasta los 18 meses de edad.

Se testeó la hipótesis de que la esquila de ovejas en el primer tercio de la gestación en condiciones de pastoreo mejora el rendimiento productivo y reproductivo de la descendencia desde el destete y hasta los 18 meses de edad.

El peso de los corderos tanto únicos como mellizos nacidos de ovejas esquiladas en el primer tercio de la gestación fue significativamente mayor en comparación con los corderos controles nacidos de ovejas esquiladas después del parto. Este mayor peso corporal puede ser el resultado del efecto positivo sobre el peso al nacimiento y al destete de los corderos como consecuencia de esquilar a sus madres a los 50 días de gestación, ya que las ganancias medias diarias (kg/d) de peso vivo después del destete no fueron diferentes entre los tratamientos. Los corderos de esquila preparto alcanzaron el peso de faena 94 días antes que los corderos controles y dado que las ganancias medias diarias no fueron diferentes entre tratamientos es posible que el mayor peso al destete haya afectado positivamente la edad al sacrificio de los corderos. Sin embargo, el efecto de la esquila preparto sobre el peso corporal disminuyó con el tiempo hasta ser mínimo a los 18 meses de edad. En este estudio no se observó ninguna diferencia en los parámetros reproductivos estudiados en los corderos machos de ambos tratamientos.

Shearing in the first third of gestation increases body weight of single or twin born male progeny between weaning and 18 months of age

C. López-Mazz^{a,*}, M. Regueiro^a, F. Baldi^b, G. Quintans^c, A. Bielli^d, P. Genovese^d, D. Fila^e, G. Banchemo^f

^aFaculty of Agronomy, University of the Republic, Uruguay, Av. Garzón 780, Montevideo 12900, Uruguay

^bSchool of Agricultural Sciences and Veterinary, São Paulo, 11884100 Brazil

^cNational Institute of Agricultural Research (INIA), Ruta 8 Km 281, Treinta y Tres 3000, Uruguay

^dDepartment of Morphology and Development, Faculty of Veterinary Medicine, University of Uruguay, Lasplaces 1620, Montevideo 11600, Uruguay

^eDepartment of Reproduction, Faculty of Veterinary Medicine, University of Uruguay, Lasplaces 1620, Montevideo 11600, Uruguay

^fNational Institute of Agricultural Research (INIA), La Estanzuela, Ruta 50 Km 12, Colonia 70003, Uruguay

*Correspondence: Carlos López Mazz, Faculty of Agronomy, University of Uruguay, Av. Garzón 780, Montevideo 12900, Uruguay.

Phone: +598-2354 3460; E-mail address: tatolopezmazz@gmail.com

Abstract

This study evaluated the effect of shearing Polwarth ewes in the first third of gestation on variables (body weight, body condition score, dorsal muscle/fat composition, onset of puberty, scrotal circumference, testis and epididymal weight, stereology of functional testicular parenchyma) of their single (n=23) or twin-born (n=18) male progeny, managed together on improved pasture from weaning to 18 months of age. Counterpart offspring; 21 single and 17 twin male lambs born from ewes unshorn

during gestation (shorn at 62 days post-partum) were used as control. Shearing in the first third of gestation positively affected the body weight ($P = 0,02$) of the male progeny throughout the studied period, but it did not affect their body condition score nor any of the parameters of body development, testosterone levels, scrotal circumference, age at puberty, testicular echogenicity, testicular weight. Body weight response varied significantly ($P < 0,0001$) over time. There was an interaction between litter size and sampling day ($P = 0,0004$), single-born lambs were heavier than twins during the studied period. Epididymal weight was higher ($P = 0,03$) in control than in treatment male lambs. The volume density (V_v) of seminiferous tubuli (VLT) was greater ($P = 0,01$) and total epithelial volume (VES) lower ($P = 0,01$) in lambs from the treated group compared to controls. Maternal shearing did not affect any other recorded variable, independent of offspring number. Scrotal circumference ($P < 0,0001$), testis and epididymes weight ($P < 0,0001$), as well as the diameter of the seminiferous tubules ($P = 0,02$) were significantly affected by the age of the rams at castration (when 49 or 77 weeks of age). In conclusion, shearing in the first third of pregnancy has a positive influence on the bodyweight of singleton/twin male offspring from weaning onwards, however, no changes in reproductive behavior were observed despite shearing.

Keywords: Early shearing, Offspring, Growth, Reproduction, Ovine

Resumen

Este estudio evaluó el efecto de esquila ovejuna Polwarth en el primer tercio de gestación sobre el peso corporal, la condición corporal, la relación composición de músculo dorsal / grasa, inicio de la pubertad, circunferencia escrotal, peso del testículo y del epidídimo y la histología del parénquima testicular funcional de la progenie masculina nacidos de partos únicos ($n = 23$) o mellizos ($n = 18$) manejados juntos en pastos mejorados desde el destete y hasta los 18 meses de edad. Se utilizaron como control 21 corderos nacidos de partos únicos y 17 mellizos nacidos de ovejuna

esquiladas a los 62 días después del parto. La esquila en el primer tercio de la gestación afectó positivamente el peso corporal ($P = 0,02$) de la progenie masculina durante el período estudiado, pero no afectó su puntuación de condición corporal ni ninguno de los parámetros de desarrollo corporal, niveles de testosterona, circunferencia escrotal, edad de la pubertad, ecogenicidad testicular y peso testicular. La respuesta al peso corporal varió significativamente ($P < 0,0001$) a lo largo del tiempo. Hubo una interacción entre el tamaño de camada y el día de muestreo ($P = 0,0004$), los corderos nacidos de partos únicos fueron más pesados que los gemelos durante el período estudiado. El peso del epidídimo fue mayor ($P = 0,03$) en los corderos control respecto a los corderos de tratamiento de esquila preparto. La densidad de volumen (V_v) de los túbulos seminíferos (VLT) fue mayor ($P = 0,01$) y el volumen epitelial total (VES) menor ($P = 0,01$) en los corderos del grupo tratado en comparación con los controles. La esquila materna no afectó ninguna otra variable registrada, independientemente del número de crías. La circunferencia escrotal ($P < 0,0001$), el peso de los testículos y epidídimos ($P < 0,0001$), así como el diámetro de los túbulos seminíferos ($P = 0,02$) se vieron afectados significativamente por la edad de los carneros en el momento de la castración (49 o 77 semanas de edad). En conclusión, la esquila en el primer tercio de la gestación mostró una influencia positiva sobre el peso corporal de los corderos machos sean estos nacidos de partos únicos o mellizos desde el destete en adelante, sin embargo, no se observaron cambios en el comportamiento reproductivo.

Palabras clave: Esquila temprana, Cría, Crecimiento, Reproducción, Ovino

Introduction

Shearing in the middle and in the first third of pregnancy has been shown to be effective in increasing birth and weaning weight (Revell et al., 2002; Kenyon et al., 2003; Sphor et al., 2011; Rosales Nieto et al., 2019), and the vigor and survival of lambs (Banchero et al., 2010). However, there is no information on the effects of prepartum shearing on the progeny productivity from weaning onwards.

There is evidence that the uterine environment in which the fetus develops in early pregnancy may have short- and/or long-term permanent consequences on the physiology and metabolism of the organism (Gluckman y Hanson, 2004; Gardner et al., 2009; Rooke et al., 2015). These effects of the environment applied at critical moments of embryo-fetal development, which determine permanent changes in the phenotype of the offspring, define the concept of developmental programming (Nathanielsz, 2000; Reynolds y Vonnahme, 2017). In the ewes, nutrition has been identified as one of the main environmental factors involved in the programming of growth and reproductive performance of the progeny (Greenwood et al., 2010; Kenyon y Blair, 2014).

This information can be very interesting, since shearing in the first third of gestation occurs in a critical time window for the fetal organogenesis (Hyttel et al., 2010) and growth of the placenta (Ehrhardt y Bell, 1995; Reynolds y Redmer, 1995). Hormonal and metabolic changes due to shearing can provide a greater level of energy substrate that can influence the growth and development of the fetus, which, in turn, could have implications for long-term performance of the offspring. In a recent study, López-Mazz et al. (2019) evaluated the effect of shearing in the first third of gestation on growth, health and reproductive behavior in the first 18 months of life of the female progeny. Interestingly, female offspring born from ewes shearing in the first third of gestation responded better to parasitic challenge than counterpart offspring born from ewes shorn after lambing. However, information is not readily available on the impact of the early shearing during pregnancy on the post-weaning performance of male offspring; including growth, body development and reproductive behavior.

The aim of this study was to evaluate the effect of shearing Polwarth ewes at first third of gestation on variables of corporal growth, puberty achievement and testicular development of their male offspring raised under extensive grazing from weaning to 18 months of age. We tested the hypothesis that shearing ewes at first third of gestation under grazing conditions will improve the productive and reproductive performance of male offspring from weaning to 18 months of age.

Materials and methods

Study location and animals

The study was conducted at the Experimental Sheep Unit of Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) “La Estanzuela” Uruguay (latitude 34°19'57"S, longitude 57°40'07"W). The experiment was designed and executed in accordance with the Directive concerning the use of Animals for Experimentation of the University of the Republic (Ethical permit number: 111400-000079-12). In Uruguay, the breeding season for the Polwarth breed extends from the end of November and December to the month of June (Fernández Abella et al., 1994) and native pastures are the central component of the nutritional management of ewes (Formoso, 2006).

Materials and methods to provide the male lambs of this study were described in López-Mazz et al. (2017); briefly, the dams of the male lambs in the present study were selected from a single flock that were artificially inseminated at autumn season of the southern hemisphere (April) using fresh semen from three rams of the same breed. On Day 40 post-AI, Polwarth ewes (wool type) were scanned to determine pregnancy, which was confirmed in 90,4% of the ewes, as well as litters size (singleton versus twins). By Day 50 $\pm$ 0,5 of gestation, the ewes were randomly allocated to one of four treatments, including two factors: shearing time (prepartum (PS) and postpartum (U)) and litter size (single (S) and twin (T)) resulting in the following treatments: single-bearing ewes shorn at 50 days of gestation, single-bearing ewes unshorn (shorn postpartum), twin-bearing ewes shorn at 50 days of gestation and twins-bearing ewes shorn postpartum. These treatments combined resulted in 79 male lambs were born; 41 from treatment (PS) ewes and 38 from control ewes (U). Ewes were shorn (June, southern hemisphere) using a cover comb, which leaves a minimum wool stubble of 7 mm (De Barbieri et al., 2005).

Experimental design

The experimental design was a 2 x 2 factorial, 79 male lambs the four experimental groups were used in the present study: (i) single male lambs born to PS ewes (SPS, n = 23, (ii) single male lambs born to U ewes (SU, n = 21), (iii) twin male lambs born PS ewes (TPS, n = 18) and (iv) twin male lambs born to U ewes (TU, n = 17). Only

male lambs from full sets alive at weaning were used for the present study. The sex of the sibling was not considered.

From weaning and up to 77 weeks old, male lambs were handled separately from females, and exclusively fed (*ad libitum*) on improved pasture with alfalfa (*Medicago sativa*) or a mixture of red clover (*Trifolium pretense*) and ryegrass (*Lolium multiflorum*), with an estimated offer of forage of 6% of live weight on dry basis (9,8 MJ metabolizable energy (ME) /kg DM) and permanent access to good quality water. Forage availability was estimated by the double sampling method (Haydock y Shaw, 1975). The nutritional value of pastures throughout the experimental period is presented in Table 1.

Table 1. Nutritional value of the forage offered (%) to all lambs during the entire study period (18 months). Dry matter (DM), crude protein (CP), insoluble in acid detergent fiber (ADF), insoluble neutral detergent fiber (NDF), ash (ASH).

Variable	Summer (4)	Autumn (4)	Winter (3)	Spring (2)	Summer (4)
DM (%)	96,3 – 97,5	96,9 – 97,5	96,8 – 97,0	96,1 – 96,6	88,1 – 89,0
CP (%)	11,5 – 25,7	17,3 – 32,8	10,7 – 27,6	13,3 – 14	15,3 – 15,8
ADF (%)	26,7 – 46,1	27,3 – 47,4	24,4 – 25,8	32,5 – 34	24,1 – 26,2
NDF (%)	40 – 62,7	40,3 – 70	40,3 – 45,2	54,0	41,1 – 45
ASH (%)	8,2 – 10,6	9,4 – 14,6	7,2 – 11,3	11,0	7,8 – 8,2

The values represent the range (minimum and maximum) for each of the variables considered. Within brackets, the number of samples collected in each season of the year.

Corporal measurements

Body weight (BW) and body condition score (BCS)

The body weight of the male lambs was recorded unfasted every two weeks, from weaning (15 weeks of age) until 77 weeks of age, always early in the morning. The data were used to calculate the average daily gain (ADG). Body condition score was recorded every two weeks, from 19 weeks of age (scale from 0 to 5; according to Russel et al., 1969) until 77 weeks of age.

In vivo carcass composition

Rib-eye area (REA), backfat thickness (BFT) and the P8 were measured twice, at 55 weeks of age and 62 weeks of age by following the procedure described by Silva et al. (2006), using an ultrasound scanner equipped with a 7,5 MHz linear transducer (Aloka 500, Aloka Co. Ltd., Tokyo, Japan). The REA was measured between the 12th and 13th rib, and BFT at the 12th rib, 11 cm from the dorsal mid-line. The P8 was determined at the superficial part of the intersection of the muscles *Gluteus medius* and *Biceps femoralis* in the region of the hip, parallel to the spine.

Reproductive variables

Scrotal circumference

Taking into account the age, a sample of male lamb (SPS: n=15, SU: n=13; TPS n=16, TU: n=13) was used to measure the maximum scrotal circumference (SC), every two weeks from 17 weeks of age until the moment of castration at 49 weeks of age or 77 weeks of age, always measured by the same operator with a flexible tape at the widest scrotal segment.

Testosterone concentrations

Serum testosterone concentration was measure in the same sample of male lambs that SC was measured. Blood samples were collected (always at 7 am) every two weeks from 17 weeks of age to 39 weeks of age by jugular venipuncture using vacutainer tubes (Franklin Lakes, NJ, USA), containing lithium heparin. The blood samples were

centrifuged (2,000xg/15 min at room temperature (18 °C to 24 °C)) within the first hour of collection. The harvested blood plasma was frozen at -20 °C until hormone analysis. The beginning of puberty was defined as the first increase in plasma testosterone concentration ≥ 1 ng/mL, which was followed by at least two consecutive equal or greater values (Kotsampasi et al., 2009).

Hormone radioimmunoassays

Testosterone plasma concentrations were measured using a solid phase RIA kit (Coat and Count, Diagnostic Products Corporation, Siemens, Los Angeles, USA) in the Laboratory of Endocrinology at the Faculty of Agriculture (UDELAR, Uruguay). The limit of detection was 0,14 nmol/L. The intra- and inter-assay coefficients of variation were 10% and 10% in low control (0,7 nmol/L), 8% and 7,8% in medium control (3,3 nmol/L) and 15% and 13% in high control (27,3 nmol/L).

Testicular ultrasonography

The pixel intensity (PI) of the testicular parenchyma was determined in both testicles, only into the subset of male lambs which were subsequently castrated. Immediately before castration, the testes were examined by ultrasonography, with a 7,5 MHz linear-array transducer connected to a B-mode scanner (Wed9618V; Welld, Guangdong, China). Both testicles were shorn and gel (carboxymethylcellulose) applied on the surface of the scrotum to eliminate air and enable closer contact with the skin. Each testis was viewed vertically (parallel to the major testicular axis) and horizontally (transversal to the mediastinum, in the medial third). The images obtained were digitized and stored for further analysis. The images were processed with specific software (Image Pro Plus 3.01; Media Cybernetics, LA, USA) and analyzed using the spot metering technique (Pierson y Adams, 1995). In each image of the testicular parenchyma, 4 circles of 1 cm in diameter were selected, obtaining 16 points/animal.

Morphometry and stereology of testis and epididymis

At 49 weeks of age, a sample of 24 rams (6 per subgroup: SPS, SU, TPS and TU) were castrated in early Spring (12h26/11h34', light/dark). In early autumn (11h40/12h20', light/dark) a sample of the same amount of rams per treatment were castrated when being 77 weeks of age. After castration, testicles and epididymides were separated, examined macroscopically and then weighed using an electronic scale (ae ADAM[®], 0,01g).

Tissue samples (1 cm³ thickness) were retrieved cut from the proximal, middle and distal regions of the testes and placed in Bouin's fixative solution for 24 h, stored in ethanol at 70°C and embedded in paraffin wax as described in detail by Bielli et al. (2001). Three sections of 5 µm in thickness, obtained from each of 3 samples/testis, solely from right testicles of each of rams both when being 49 weeks of age or 77 weeks of age, were stained with hematoxylin-eosin (HE) and used to measure the diameter of the seminiferous tubules (DST). Two perpendicular diameters of 30 randomly selected cross-sections (10/sample) were measured at 100 X in an optical microscope (Olympus BX50, Tokyo, Japan) equipped with a video camera (SSC-C158P, Sony; Tokyo, Japan). The images were analysed with Image Pro Plus program (Media Cybernetics, Silver Spring, MA, USA) (Bielli et al., 2001).

The volume densities of seminiferous epithelium (VES), of the seminiferous tubuli lumina (VLT) and of the testicular interstitium (VIT) were calculated from thirty random images/testicle, by counting 2,400 points/testicle (Weibel, 1979) at a final magnification of 900 X. A grid of 20 intersecting lines (area = 3360.44 mm²) was superimposed over the screen image of every section. The volume density was defined as the ratio of the number of intersections in the grid covering the tissue component of interest to the total number of intersections of the grid and expressed as percentage (Bielli et al., 1999).

Statistical analysis

Body weight, BCS, SC, plasma testosterone levels and the data of REA, BFT and the thickness of fat in the hip were analyzed by ANOVA, applying a repeated-measures analysis over time with PROC MIXED procedure of SAS (SAS, 2001). The model included shearing treatment, litter size (singlets vs twins) and sampling day, and interaction between them as fixed effects; with the male lambs within each group as a random effect. Testis sample was not included in the analysis since there were no differences (n.s.) among them. Only significant interactions were considered in the model ($P < 0,05$). The Tukey test was applied to compare the means ($P < 0,05$). Covariance parameters were estimated using the Restricted Maximum Likelihood (REML) method. To select the most adequate covariance structure to model the residuals, the Akaike information (AIC) and Schwarz Bayesian (BIC) criteria were used (Wolfinger y O'Connell, 1993). Testicular weight and volume, epididymal weight, and age in days at puberty were analyzed by ANOVA with the PROC MIXED procedure. Shearing treatment, litter size, and their interactions were included in the model as fixed effects and male lambs as a random effect. Tukey's test was employed to separate means, and significant values were assumed to be under a P value of $< 0,05$ and a trend with P values of $\geq 0,05$ and $\leq 0,10$. Stereological variables (DST, VLT, VES and VIT) were analyzed by ANOVA, considering the treatment (Prepartum shorn) or control (Postpartum shorn), litter size (singlets vs twins) and the effect of time, as well as the interaction between them as fixed effects, with the male lambs within each group as a random effect. The means were compared by tests of the smallest quadratic differences ($P < 0,05$). The BW of the lambs at the time of castration was incorporated into the model as a covariate. All results are given as mean $\pm$ standard error of mean (SEM).

Results

Body weight and body condition score

Progeny of shorn ewes were 7% heavier ($P = 0,02$) than control progeny ($34,6 \pm 0,7$ vs. $32,2 \pm 0,7$ kg, respectively; means of the whole experimental period) (Figure 1).

Daily gain live weight was not different among treatments ($73 \pm 0,04$ vs. $78 \pm 0,04$ gr/d, PS and U). The maximum difference in BW ($P = 0,007$) among groups was reached at 41 weeks of age on average ($33,9 \pm 0,9$ vs. $30,3 \pm 0,9$ kg, PS and U; Figure 1). From 51 weeks of age, BW of the shorn group was similar to that of control group ($P > 0,05$, Figure 1). There was an interaction between litter size and sampling day ($P = 0,0004$).

Body weight at weaning was affected by shearing time ($P = 0,02$) and litter size ($P < 0,0001$), SPS were heavier than SU male lambs ($23,2 \pm 0,6$ kg vs. $20,9 \pm 0,5$ kg respectively, while TPS and TU male lambs weighed $17,9 \pm 0,5$ kg vs. $17,3 \pm 0,5$ kg respectively. There were no significant effects of the treatments on BCS.

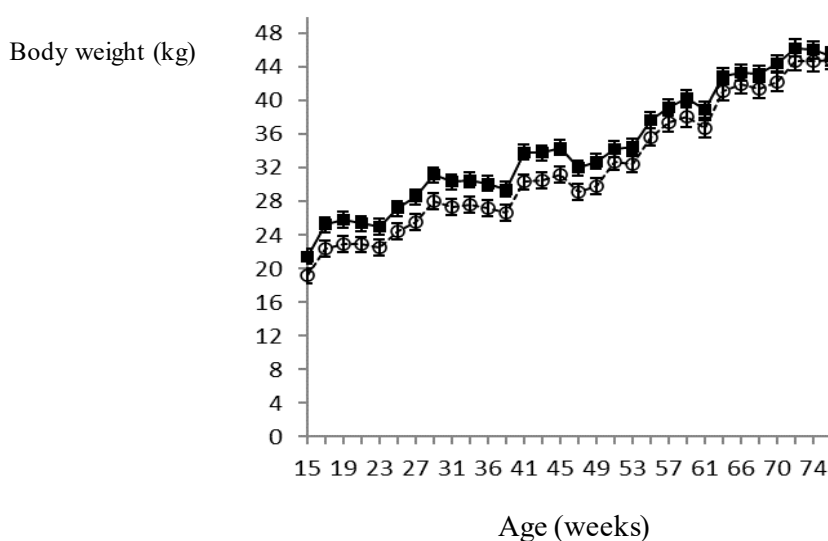


Fig. 1. Evolution of body weight (mean $\pm$ SEM) from weaning to 77 weeks old in male lambs born to ewes shorn at 50 days of pregnancy: PS ($n = 41$, -■-) or shorn at 62 days post-partum: U ($n = 38$, -○-). Both single and twin lambs are included in each group. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

Carcass composition

We did not find interactions between shearing treatment and litter size for any of the analyzed variables of carcass composition. Shearing treatment and litter size did not affect REA, the backfat thickness nor the P8. The REA ($P = 0,01$) and P8 ($P = 0,05$) varied with the age of the male lambs. As the age of the lambs increased (55 weeks to 62 weeks of age), the values of REA ($8,0 \pm 0,2$ vs. $8,6 \pm 0,2$ cm²; $P = 0,06$), and the P8 ($2,1 \pm 0,08$ vs. $2,7 \pm 0,09$ mm, $P = 0,02$) were also increased.

Reproductive parameters

No interaction between shearing treatment and litter size was observed for any of the reproductive variables studied. Age at puberty was not affected by shearing time ($28,8 \pm 0,8$ vs. $29,9 \pm 0,8$ week, PS and U respectively), but there was a tendency to an interaction between shearing treatment and litter size for age at puberty ($P = 0,06$). Single-born lambs tended to reach puberty earlier than twins (31 vs. 33 weeks of age). Body weight at the onset of puberty was higher ($P = 0,02$) in the PS than in U ($30,5 \pm 0,8$ vs. $27,5 \pm 0,9$ kg, respectively).

There was no effect of either shearing treatment or litter size for SC. The maximum value of SC was reached at 27 weeks of age ($27,1 \pm 0,5$ vs. $26,5 \pm 0,7$ cm, treatment and control, respectively, Figure 2b). There was an effect of sampling day ($P < 0,0001$); the SC was larger in early autumn (first autumn of life) and lower during the beginning of winter (Figure 2b).

Mean plasma testosterone levels were similar in PS and U groups throughout the experiment ($1,0 \pm 0,1$ vs. $1,3 \pm 0,1$ ng/mL, PS and U). The maximum concentration of testosterone (peak) occurred simultaneously for both experimental groups by week 27 of age, albeit without statistical differences ($P = 0,56$) between means ($2,1 \pm 0,3$ vs. $1,6 \pm 0,2$ ng/ml, PS and U, respectively, Figure 2a). The testosterone concentration response varied significantly ($P < 0,0001$) over time (Figure 2a).

Table 2. Least square means (mean $\pm$ SEM) for weight of right testis and epididymis and and of scrotal circumference in Polwarth lambs born to ewes shorn at 50 d of pregnancy (PS) or lambs born to ewes shorn at 62 d post-partum (U).

Variable	PS	U	Single	Twin	P - values		
					Shearing Treatment	Litter size	St x Ls
Number of lambs	12	12	12	12			
Testis weight (g)	130 $\pm$ 10,2	143,0 $\pm$ 11,7	139,7 $\pm$ 11,1	143,0 $\pm$ 11,7	0,10	0,40	0,89
Epididymal weight (g)	24,0 $\pm$ 1,3	26,3 $\pm$ 1,5	25,5 $\pm$ 1,5	24,8 $\pm$ 1,4	0,03	0,50	0,70
Scrotal circumference (cm)	29 $\pm$ 0,7	29 $\pm$ 0,8	29 $\pm$ 0,7	29 $\pm$ 0,7	0,83	0,80	0,48

St x Ls: Shearing treatment and Litter size interaction.

Means are significantly different ($P < 0,05$)

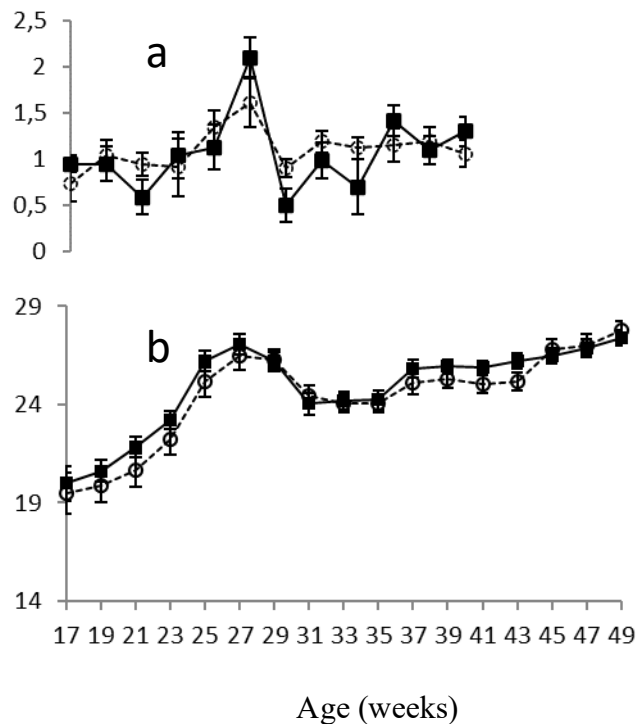


Figure 2. a. Plasma testosterone concentration (mean $\pm$ SEM) from 17 to 39 weeks old in male lambs born to ewes shorn at 50 d of pregnancy (PS: $n = 31$, -■-) or ewes shorn at 62 d post-partum (U: $n = 26$, -○-). b. Scrotal circumference evolution (mean $\pm$ SEM) from 17 week to 49 weeks old in male lambs born to ewes shorn at 50 d of pregnancy (PS: $n = 31$ -■-) or ewes shorn at 62 d post-partum (U: $n = 26$ -○-). Both single and twin lambs are included in each group

Testicular and epididymis development

Neither the shearing treatment nor litter size altered testis weight (Table 2). Shearing treatment affected epididymis weight ($24,0 \pm 1,3$ vs. $26,3 \pm 1,5$ g, PS and U respectively) favoring controls ($P = 0,03$, Table 2), without interaction between shearing treatment and litter size.

Ewe shearing treatment and litter size did not affect the pixel intensity in the ultrasound images of the testicular parenchyma (Table 3). Testicular echogenicity decreased significantly ($P = 0,05$) at 77 weeks of age (autumn). These results were maintained even when BW was included as a covariate in the model. There was no interaction between shearing treatment and litter size.

Testis morphometry and stereology

There were no interactions between the studied effects. Early shearing and litter size did not alter DST. The proportion of luminal volume of the seminiferous tubuli (VLT) was greater ($P = 0,01$) and total epithelial volume (VES) lower ($P = 0,01$) in the PS group of lambs than in the U group (Table 3). Such significance was maintained even when BW was incorporated in the model. The percentage VIT was not affected by treatment or litter size (Table 3). A strong effect of the age and weight of the animals on the DST was observed, at 77 weeks of age (autumn) it was significantly ($P = 0,002$) greater than at 53 weeks of age (winter).

Table 3. Least square means (mean $\pm$ SEM) for ultrasound pixel intensity, and histological diameter of seminiferous tubules (DST), volume density (V_v %) of seminiferous tubuli lumen (VLT), volume density of seminiferous epithelium height (VES), volume density of testicular interstitium (VIT) in Polwarth lambs born to ewes shorn at 50 d of pregnancy (PS) or male lambs born to ewes shorn at 62 d post-partum (U).

Variable	PS	U	Single	Twin	P- values		
					Shearing Treatment ^{tt}	Litter size	StxLs
Number of lambs	12	12	12	12			
Pixel intensity	159,5 $\pm$ 1,6	161,8 $\pm$ 1,8	161,1 $\pm$ 1,7	160,3 $\pm$ 1,8	0,33	0,74	0,67
DST (μ m)	367,6 $\pm$ 9,7	360,8 $\pm$ 7,3	362,7 $\pm$ 7,0	366,7 $\pm$ 11,1	0,42	0,84	0,91
VLT (V_v %)	24,9 $\pm$ 0,8	21,5 $\pm$ 1,0	22,7 $\pm$ 0,9	24,1 $\pm$ 1,0	0,01	0,71	0,54
VES (V_v %)	51,4 $\pm$ 0,9	54,9 $\pm$ 1,0	53,0 $\pm$ 0,9	52,9 $\pm$ 1,0	0,01	0,57	0,76
VIT (V_v %)	23, $\pm$ 0,6	23,6 $\pm$ 1,0	22,2 $\pm$ 0,8	22,7 $\pm$ 0,6	0,85	0,18	0,60

StxLs: Shearing treatment and Litter size interaction.

Means are significantly different ($P < 0,05$)

Discussion

The results of this study supported the tested hypothesis that shearing Polwarth ewes at the first third of gestation would increase body weight of male offspring, compared to males born from ewes shorn at 62 ± 0.6 d post-partum (controls) both grazing improved pastures and equally managed. However, early shearing during gestation affected partially other variables of corporal and testicular development during the first 18 months of age.

Lambs born to ewes shorn during early gestation were heavier during the first 12 months of age compared to lambs in the control group. The greater body weight may be a result of the positive effect on the weaning weight of the lambs, as a consequence of shearing their mothers at 50 days of gestation, since the daily live weight gain after weaning was not different between treatments. In fact shearing at 50 days of gestation in ewes grazing improved pastures, positively affected birth weight and weaning weight of both single and twin lambs (López-Mazz et al., 2017). Morris et al. (2000) and Sphor et al. (2011) obtained similar responses in lambs birth weight and weaning when their mothers were shorn at 50 days of gestation, although, in none of these cases the effects beyond weaning were studied.

In this study, lambs born to ewes shorn during early gestation reached slaughter weight (34 kg) at 41 weeks old, 14 weeks earlier and 10.7% heavier than lambs in the control group, who did so at 55 weeks old. These results are in agreement with Kenyon y Blair (2014) who reported that the heaviest lambs at weaning they need less time to reach slaughter weight. However, the long-term effect of shearing early in gestation on body weight decreased over time, to be minimal at 18 months of age.

Although there was an influence on body weight of the lambs, prepartum shearing early in gestation did not affect the body condition score or estimates of carcass composition for the longissimus dorsi muscle, backfat thickness and P8. However as the age of the lambs increased (55 weeks to 62 weeks of age), the REA and P8 were also larger. It is possible that the differences observed in carcass traits may be

attributed to an increase live weight, since body weight increased 13,5% and 14,9% in animals born to prepartum or postpartum shorn mothers during the study period.

Age at puberty, was not affected by shearing treatment, nevertheless, single-born lambs reached puberty two weeks earlier than twins. This aspect has been well documented, and the importance of live weight in determining the onset of puberty is known (Foster et al., 1995). In this study, the weight of the testicles was not different between treatments at any of the two moments evaluated (when being 53 weeks or 77 weeks of age). However, the weight of the epididymis was higher in male lambs born to post-partum shorn ewes (controls). This was a puzzling result, considering that testosterone production and testicular morphometry values were mostly equal for PS and U lamb rams (only differences in VLT and VES, but neither in VIT nor DST). This difference in epididymal weight could correspond to individual differences, which may express statistical differences, in the case of a low number of animals. More field studies are necessary to verify this finding.

Although there is evidence that growth and development as well as the reproductive function are influenced by early life events, in this study, shearing in the first third of gestation, has shown no effect testis morphometry and stereology, nor at the age at which male lambs reached puberty. It is known that the stress of shearing produces metabolic and hormonal changes in the pregnant female, which are translated into increases in the plasma glucose concentration in both ewes and lamb (Symonds et al., 1986). However, the stress event associated with shearing, measured through the concentration of cortisol, seems to last for a short time (Carcangiu et al., 2008), whereby, it is unlikely that it can mediate long-term effects on the offspring. Therefore, it may not be surprising that the overall prey cut in early pregnancy had little or subtle impact on the progeny in this study.

Pixel intensity in the ultrasound images of the testicular parenchyma was lower (PS as in U) at 77 weeks (early autumn) than at 53 week of age (early spring), which corresponds to an increment of the production of testicular fluid, an event that causes distention of the seminiferous tubules and a concomitant decrease of the height of the

seminiferous epithelium, as evident among the results obtained in the present experiment. Vascular changes in the interstitium alongside increases in parenchyma (Giffin et al., 2014) yield higher levels of fluid (Ungerfeld y Fila, 2011) which cause differences in testicular echogenicity.

Neither the DST nor the VIT in testes were affected by the shearing treatment. Normally VLT and VES are highly correlated so that both change in the same direction (Bielli et al., 2001). However, in this study, the VLT values were higher while those of VES were lower for animals born from ewes shorn during gestation. A strong effect of the age and weight of the animals, associated with an effect of the reproductive season, was observed for scrotal circumference, testicular and epididymis weight and, DST at 77 weeks of age (autumn) compared to 53 weeks of age (early spring). Such findings not only confirm the results reported by Gastel et al. (1995) working with Corriedale rams in similar environmental conditions, but stresses the absolute relevance of proper nutrition under extensive grazing conditions. This influence of nutrition on DST has been reported in previous works (Bielli et al., 1999).

Overall, the results of the present study, with male lambs born to ewes shorn at the first third of gestation being heavier than those born to ewes shorn at $62 \pm 0,6$ d post-partum as the only variable statistically different, suggest that prepartum shearing does not represent a sufficient stimulus to affect the programming of reproductive development in growing male fetuses, besides live weight.

In conclusion, under the conditions of this study, we observed positive long-term effects of the shearing at the first third of on the body weight of the male progeny, irrespective of being singletons or twins. The increased body weight may be the result of the positive effect on the weight at birth and at weaning of the lambs, as a consequence of shearing their mothers at 50 days of gestation. However, no changes in reproductive behavior and testicular histology were observed despite shearing at the first third of gestation.

References

- Banchero G, Vázquez A, Montossi F, De Barbieri I, Quintans G. 2010. Pre-partum shearing of ewes under pastoral conditions improves the early vigour of both single and twin lambs. *Animal Production Science*, 50(4): 309-314. doi.org/10.1071/AN09127.
- Bielli A, Pedrana G, Gastel MT, Castrillejo A, Moraña A, Lundeheim N, Forsberg M, Rodriguez-Martinez H. 1999. Influence of grazing management on the seasonal change in testicular morphology in Corriedale rams. *Animal Reproduction Science*, 56(2): 93-105. doi.org/10.1016/S0378-4320(99)00027-5.
- Bielli A, Katz H, Pedrana G, Gastel MT, Moraña A, Castrillejo A, Lundeheim N, Forsberg M, Rodriguez-Martinez H. 2001. Nutritional management during fetal and postnatal life, and the influence on testicular stereology and Sertoli cell numbers in Corriedale ram lambs. *Small Ruminant Research*, 40(1): 63-71. doi.org/10.1016/s0921-4488(00)00213-3.
- Carcangiu V, Vacca GM, Parmeggiani A, Mura MC, Pazzola M, Dettori ML, Bini PP. 2008. The effect of shearing procedures on blood levels of growth hormone, cortisol and other stress haematochemical parameters in Sarda sheep. *Animal*, 2(4): 606-612. doi: 10.1017/S1751731108001651.
- De Barbieri I, Montossi F, Dighiero A, Martínez H, Nolla M, Luzardo S, Mederos A, Zamit W, Levratto J, Frugoni J, Lima G, Costales J. 2005. Alternativas de la esquila preparto temprana. Evaluación del impacto del tipo de peine. En: Seminario de Actualización técnica: reproducción ovina. Recientes avances realizados por el INIA. Tacuarembó. (National Institute of Agricultural Research), Uruguay. Serie de actividades de Difusión, 401: 104-114.
- Ehrhardt RA, Bell AW. 1995. Growth and metabolism of the ovine placenta during mid-gestation. 16(8): 727-741. doi.org/10.1016/0143-4004(95) 90016-0.
- Fernández Abella D, Saldaña S, Surraco L, Villegas N, Hernández Russo Z, Rodríguez Palma R. 1994. Evaluación de la variación estacional de la actividad sexual y crecimiento de lana en cuatro razas. *Boletín Técnico de Ciencias Biológicas de la Universidad de la República*, 4, 19-44.

- Formoso D. 2006. Productividad primaria neta de los principales campos sobre suelos de basalto y cristalino. *Producción Ovina* 18, 33-40. Montevideo. Secretariado Uruguayo de la lana (SUL).
- Foster DL, Yellon SM, Olster DH. 1985. Internal and external determinants of the timing of puberty in the female. *Journal Reproductive Fertility*, 75: 327- 344.
- Gardner DS, Ozanne SE, Sinclair KD. 2009. Effect of the early-life nutritional environment on fecundity and fertility of mammals. *Philosophical Transaction Royal Society B*, 364: 3419-3427. doi:10.1098/rstb.2009.0121.
- Gastel T, Bielli A, Perez R, Lopez A, Castrillejo A, Tagle R, Franco J, Laborde D, Forsberg M, Rodriguez-Martinez H. 1995. Seasonal variations in testicular morphology in Uruguayan Corriedale rams. *Animal Reproduction Science*, 40(1-2): 59-75. doi.org/10.1016/0378-4320(95)01402-L.
- Gicquel C, Le Bouc Y. 2006. Hormonal Regulation of Fetal Growth. *Hormone Research*, 65 (Suppl 3): 28-3. doi: 10.1159/000091503.
- Giffin JL, Bartlewski PM, Hahnel AC. 2014. Correlations among ultrasonographic and microscopic characteristics of prepubescent ram lamb testes. *Experimental Biology and Medicine*, 239(12):1606-1618. doi.org/10.1177/1535370214543063.
- Gluckman PD, Hanson MA. 2004. Developmental Origins of Disease Paradigm: A Mechanistic and Evolutionary Perspective. *Pediatric Research*, 56: 311-317. doi: 10.1203/01.PDR.0000135998.08025.FB.
- Greenwood PL, Thompson A, Ford SP. 2010. Postnatal consequences of the maternal environment and growth during prenatal life for productivity of ruminants. In *Managing the prenatal environment to enhance livestock productivity* (Eds. PL Greenwood, AW Bell, PE Vercoe and GJ Viljoen), pp. 3-36. Springer Science Business Media, Dordrecht, Netherlands. doi.org/10.1007/978-90-481-3135-8.
- Haydock KP, Shaw NH. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15: 663-670.

- Hyttel P, Sinowatz F, Vejlsted M, Betteridge K. 2010. Cellular and molecular mechanism in embryonic development. In: Domestic Animal Embriology Saunders Elsevier. (1st Edition) Chapter 2, 13-24.
- Kenyon PR, Morris ST, Revell DK, McCutcheon SN. 2003. Shearing during pregnancy- review of a policy to increase birth weight and survival of lambs in New Zealand pastoral farming systems. *New Zealand Veterinary Journal*, 51(5): 200-207. doi.org/10.1080/00480169.2003.36368.
- Kenyon PR, Blair HT. 2014. Foetal programming in sheep- Effects on production. *Small Ruminant Research*, 118(1-3): 16-30. doi:10.1016/j.smallrumres.2013.12.021.
- Kotsampasi B, Balaskas C, Papadomichelakis G, Chadio SE. 2009. Reduced Sertoli cell number and altered pituitary responsiveness in male lambs undernourished in utero. *Animal Reproduction Science*, 114(1-3): 135-147. doi:10.1016/j.anireprosci.2008.08.017.
- López-Mazz C, Baldi F, Quintans G, Kenyon PR, Correa O, Regueiro M, Álvarez-Oxiley A, Banchero GE. 2020. Effect of early shearing during gestation on the productive and reproductive behavior of female sheep offspring in their first 18 months of age. *Animal*, 14(4): 807-813. doi.org/10.1017/S1751731119002441.
- López-Mazz C, Baldi F, Quintans G, Banchero G. 2017. Shearing ewes in the first third of gestation improves offspring performance. *Animal Reproduction Science*, 58(10): 1908-1914. doi.org/10.1071/AN16461.
- Morris ST, McCutcheon SN, Revell DK. 2000. Birth weight responses to shearing ewes in early to mid gestation. *Animal Science*, 70(02): 363-369. doi.org/10.1017/S1357729800054825.
- Nathanielsz PW. 2000. Fetal Programming: How the Quality of Fetal Life Alters Biology for a Lifetime. *NeoReviews*, 1(7): 126e-131. doi:10.1542/neo.1-7-e126.
- Pierson RA, Adams GP. 1995. Computer assisted image analysis, diagnostic ultrasonography and ovulation induction: strange bedfellows. *Theriogenology*, 43: 105-112. doi.org/10.1016/0093-691x(94)00014-I.

- Reynolds LP, Redmer DA. 1995. Utero-placental vascular development and placental function. *Journal of Animal Science*, 73(6): 1839-1851. doi.org/10.2527/1995.7361839x.
- Reynolds LP, Vonnahme KA. 2017. Livestock as models for developmental programming *Animal Frontiers*, 7(3): 12-17. doi.10.2527/af.2017-0123.
- Revell DK, Morris ST, Cottam YH, Hanna JE, Thomas DG, Brown S, McCutcheon SN. 2002. Shearing ewes at mid-pregnancy is associated with changes in fetal growth and development. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53(6): 697-705. doi.org/10.1071/AR01140.
- Rhind SM, Rae MT, Brooks AN. 2001. Effects of nutrition and environmental factors on the foetal programming of the reproductive axis. *Reproduction*, 122(2): 205-214. doi.org/10.1530/rep.0.1220205.
- Rooke JA, Arnott G, Dwyer CM, Rutherford KMD. 2015. The importance of the gestation period for welfare of lambs: maternal stressors and lamb vigour and wellbeing. *Journal of Agricultural Science*, 153(03): 497-519. doi.10.1017/s002185961400077x.
- Rosales Nieto CA, Mantey A, Makela B, Byrem T, Ehrhardt R, Veiga-Lopez A. 2019. Shearing during late pregnancy increases size at birth but does not alter placental endocrine responses in sheep. *Animal*, 1-8. doi.10.1017/S1751731119002696.
- Russel AJF, Doney JM, Gunn RG. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal of Agricultural Science*, 72(03): 451-454. doi.org/10.1017/s0021859600024874.
- SAS, Statistical Analysis Software. 2001. Version 8.02. SAS Inst., Cary, NC, USA
- Sherlock RG, Kenyon PR, Morris ST, Parkinson TJ. 2003. Metabolic changes in ewes shorn during mid-pregnancy. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 63: 144-148.
- Silva SR, Afonso JJ, Santos VA, Monteiro A, Guedes CM, Azevedo JMT, Dias-da-Silva A. 2006. In vivo estimation of sheep carcass composition using real-time ultrasound with two probes of 5 and 7.5 MHz and image analysis. *Journal of Animal Science*, 84(12): 3433-3439. doi.org/10.2527/jas.2006-154.

- Sphor L, Banchero G, Correa G, Osorio MTM, Quintans G. 2011. Early prepartum shearing increases milk production of wool sheep and the weight of the lambs at birth and weaning. *Small Ruminant Research*, 99(1): 44-47. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.007.
- Symonds ME, Bryant MJ, Lomax MA. 1986. The effect of shearing on the energy metabolism of the pregnant ewe. *British Journal of Nutrition*, 56(03): 635-643. doi.org/10.1079/BJN19860144.
- Ungerfeld R y Fila D. 2011. Testicular Fluid Content Evaluated by Ultrasound Image Computer-Assisted Analysis Increases with Small-Dose Multiple GnRH Injections in Rams. *Reproduction in Domestic Animals*, 46(4): 720-723. doi.org/10.1111/j.1439-0531.2010.01735.x.
- Weibel ER. 1979. *Stereological Methods, Practical Methods for Biological Morphometry*, Vol. 1. Academic Press, London, 415 pp. https://doi.org/10.1002/jobm.19810210824.
- Wolfinger R, O'Connell M 1993. Generalized linear mixed models a pseudo-likelihood approach. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 48, 233-243.

4. DISCUSION GENERAL Y CONCLUSIONES

La hipótesis general testada en esta tesis fue que la esquila de ovejas durante el primer tercio de la gestación pastoreando *ad libitum* pasturas mejoradas puede incrementar el

peso de los corderos al parto y al destete y mejorar el vigor en la primera hora de vida y la supervivencia de los corderos al destete. Adicionalmente, esta tesis desafió la hipótesis de que la esquila temprana durante la gestación mejora el crecimiento, la performance reproductiva y la respuesta al desafío parasitario de la descendencia en los primeros 18 meses de vida.

4.1. EFECTOS A CORTO PLAZO DE LA ESQUILA EN EL PRIMER TERCIO DE LA GESTACIÓN

En las condiciones en que se realizaron los experimentos de esta tesis, la primera hipótesis formulada en el Capítulo 2 fue aceptada. El presente estudio mostró que la esquila en el primer tercio de la gestación afectó positivamente el peso al nacimiento de los corderos nacidos de partos únicos como mellizos, en comparación con los corderos nacidos de ovejas esquiladas después del parto. Sin embargo la magnitud de la respuesta y la respuesta según el rango de nacimiento fue diferente a los resultados de estudios previos de esquila durante la preñez.

El incremento promedio de 0,3 kg en el peso al nacimiento de los corderos mellizos de ovejas esquiladas preparto temprano (4,2 kg) fue suficiente para incrementar en un 26,6% la cantidad de corderos nacidos dentro del rango de peso de mayor probabilidad de supervivencia. Los resultados reportados en el Capítulo 2 también muestran un significativo efecto de la esquila preparto temprano sobre el peso al nacimiento de los corderos nacidos de partos únicos (5,5 kg). Sin embargo, en este caso la respuesta al tratamiento de la esquila preparto (0,5 kg) determinó que una menor cantidad de corderos quedaran dentro del rango de peso de mayor supervivencia y una importante cantidad de los corderos estuvieron por encima del umbral máximo del rango de peso al nacimiento (5,5 kg) donde la supervivencia comienza a disminuir (Dalton et al., 1980). De hecho, se observó un 15,3% de partos asistidos, con corderos con bajo vigor al nacimiento y dificultad para incorporarse y comenzar a mamar rápidamente. Los resultados evidencian una fuerte relación entre el peso de los corderos de ovejas esquiladas posparto y la respuesta de los corderos nacidos de ovejas esquiladas preparto. Este patrón de respuesta, donde el incremento en el peso al nacimiento está

influenciado por el peso al parto de los corderos del grupo control, ya fue establecido previamente por Kenyon et al. (1999), y confirmado por una gran cantidad de trabajos de esquila a mitad y temprano en la gestación. Por lo tanto, esquila las ovejas gestando mellizos en el primer tercio y las que tienen un solo cordero a mitad o tarde en la gestación, puede ser una alternativa para aprovechar los beneficios y disminuir las desventajas de la esquila preparto. El desarrollo de la ultrasonografía para el diagnóstico de gestación (equipos y experiencia de los técnicos) a edades tempranas de la preñez permite identificar y manejar separadamente las ovejas según la carga fetal facilitando una estrategia diferencial de la herramienta de la esquila.

Estos resultados difieren con el trabajo de Morris et al. (2000) quienes mostraron un efecto positivo sobre el peso vivo de los corderos únicos cuando sus madres fueron esquiladas a los 50 días de gestación, mientras que los corderos mellizos estuvieron por fuera de su potencial de respuesta. Mientras que Sphor et al. (2011) trabajando solo con corderos únicos nacidos de ovejas esquiladas a los 53 días de gestación, registraron un incremento mayor en el peso al nacimiento y en la tasa de ganancia diaria de peso vivo. En este estudio el efecto positivo de la esquila preparto temprano se mantuvo hasta el momento del destete de los corderos. Estos resultados están de acuerdo con los de Sphor et al. (2011) y son consecuencia del mayor peso vivo de los corderos al nacimiento y una ganancia media diaria mayor durante el período posparto seguramente asociado con una mayor producción de leche de las ovejas esquiladas preparto.

Estudios previos han examinado el impacto del mayor peso al nacimiento sobre la tasa de supervivencia de los corderos. Montossi et al. (2005) observaron que en condiciones de similar peso vivo los corderos nacidos de ovejas esquiladas a mitad de gestación tenían mayor tasa de supervivencia. Esto plantea la existencia de otros posibles mecanismos que pueden afectar el vigor de los corderos al nacer, independientemente del peso al nacimiento y del aumento en la duración de la gestación. Por otra parte, Banchemo et al. (2010) concluyeron que la esquila preparto mejora el vigor de los corderos independiente del peso al nacimiento y sugieren que esto podría deberse a un

mayor grado de madurez funcional de los sistemas del organismo que permiten una mejor y más rápida transición hacia la vida extrauterina.

En esta tesis la esquila en el primer tercio de la gestación de ovejas pastoreando pasturas mejoradas se asoció con un mayor vigor (Capítulo 2) de los corderos en la primera hora de vida. Este mayor vigor puede haber estado asociado con una mayor ingesta de calostro, lo que explica parcialmente la mayor tasa de supervivencia durante los primeros 20 días después del nacimiento. El mayor vigor también aumenta la probabilidad de que los corderos sigan a sus madres en el caso de que estas se muevan a zonas más protegidas especialmente durante el mal tiempo, mejorando las posibilidades de supervivencia del cordero.

La tasa de supervivencia fue significativamente mayor en los corderos mellizos nacidos de ovejas esquiladas preparto temprano en comparación con los nacidos de ovejas esquiladas posparto (89,5% vs. 79,4%). Se mantuvo una tendencia a una mayor tasa de supervivencia al destete (78,9% y 70,6%, pre y posparto respectivamente) en favor de los corderos mellizos nacidos de ovejas esquiladas preparto. Estos resultados pueden ser beneficiosos, considerando que la cantidad de corderos destetados constituye la clave para lograr altos niveles de señalada, un factor clave en los sistemas de producción de carne ovina.

A pesar del mayor peso vivo al nacimiento los corderos nacidos de partos únicos de ovejas esquiladas preparto temprano presentaron una tasa de supervivencia 5,6% menor que aquellos nacidos de ovejas esquiladas posparto (82,5% y 76,9% respectivamente). Este hallazgo, está en línea con resultados de experimentos previos donde la esquila a mitad de gestación en general tuvo pocos efectos beneficiosos sobre la supervivencia de los corderos. Por otra parte, los trabajos de Morris et al. (2000) y Sphor et al. (2011) no estudiaron los efectos sobre la supervivencia de los corderos al esquilar las ovejas a los 50 días de gestación.

El peso al nacimiento de los corderos y la tasa de ganancia diaria posparto no parece haber estado impulsados por una variación en la condición corporal de las ovejas. De hecho, el puntaje de condición corporal durante la gestación y la lactación no fue

diferente entre los tratamientos. La concentración de ácidos grasos no esterificados (AGNE) es reconocida como un buen indicador del balance energético de las ovejas. Sin embargo, en este estudio, la concentración plasmática de los AGNE de las ovejas esquiladas pre y posparto no fueron diferentes, lo cual apoya la idea de que el incremento de peso de los corderos no requirió de una movilización de las reservas corporales de la oveja. Estos resultados apoyan la hipótesis de que un cambio en la distribución de nutrientes de origen exógeno puede estar en el origen del incremento de peso de los corderos.

La relación entre la esquila durante la gestación y el incremento en el peso al nacimiento de los corderos, está bien documentada, aunque, los mecanismos fisiológicos responsables de ese fenómeno, aún permanecen sin esclarecerse en forma definitiva. El principal mecanismo involucrado parece ser una elevada concentración de glucosa plasmática en la madre (Symonds et al., 1986), que a través de la placenta alcanza al feto en pleno crecimiento (Thompson et al., 1982). Sin embargo, la magnitud y persistencia de los cambios metabólicos y hormonales necesarios para un mayor efecto sobre el desarrollo del feto, podrían estar influenciados por el momento de la esquila, y el tiempo restante desde la esquila hasta el parto, así como de las condiciones ambientales (clima, nutrición) y del estado fisiológico y sanitario de las ovejas en el momento de la esquila.

Se ha reportado, que la esquila invernal a mitad de la gestación de ovejas en pastoreo, puede inducir un incremento en el peso de los corderos al nacimiento, aunque, las respuestas no siempre son exitosas. Las bajas temperaturas ambientales, la variabilidad en la producción de la pastura natural, el grado de reservas corporales de las ovejas y el estado de desarrollo de la unidad feto-placentaria han sido asociados con estos resultados. En estas condiciones, la cantidad de nutrientes requeridos para mantener la homeostasis energética puede conducir a las ovejas a un balance energético negativo y en consecuencia, la energía que inicialmente pudiera estar disponible para la placenta y el feto en crecimiento debe destinarse a la producción de calor metabólico comprometiendo el desarrollo fetal (Kenyon et al., 2003). En estas condiciones el feto

modula su propio crecimiento y desarrollo ajustándolo al flujo de nutrientes que llegan a través de la placenta (Gluckman et al., 2005).

Sin embargo, cuando la esquila se realiza en el primer tercio de la gestación (fin de otoño), el feto y la placenta en crecimiento pueden beneficiarse de condiciones ambientales menos extremas y de una oferta de forraje no limitante en cantidad y calidad. Estas condiciones pueden crear un ambiente intrauterino óptimo para una mejor nutrición fetal y un adecuado desarrollo y un mayor crecimiento del feto durante el resto de la gestación. En estas condiciones, los mecanismos de adaptación metabólica en respuesta a las señales ambientales (estrés después de la esquila, frío) pueden determinar que una parte importante del incremento del consumo de materia seca después de la esquila pueda ser particionado a través de mecanismos homeoréticos hacia la unidad feto-placentaria y así alcanzar los órganos y tejidos del feto en desarrollo, ya que la gestación tiene prioridad metabólica sobre otras funciones del organismo (Bauman, 2000).

Se ha postulado, que el mayor peso al nacimiento de los corderos nacidos de ovejas esquiladas, tiene relación con la extensión del período de gestación (Capítulo 2). En este estudio, el largo de gestación se incrementó en promedio 1,4 d y 1,3 d en corderos únicos y mellizos respectivamente. Sin embargo, los estudios revelaron que la extensión del período de crecimiento fetal explica solo el 56% y el 87% del incremento del peso vivo total (0,500 y 0,300 kg/d) en corderos únicos y mellizos respectivamente. Esto es consistente con lo informado por Rattray et al (1974) y Robinson (1977) quienes estimaron un crecimiento fetal a término de 0,150 – 0,200 kg/d. Por tanto, el incremento en el largo de gestación, explicaría solo una parte del aumento total del peso vivo al parto. Adicionalmente, se ha sugerido, que la extensión del período de gestación, puede afectar la maduración de sistema respiratorio, digestivo, y de los mecanismos de termorregulación corporal (Clarke et al., 1997), junto con el desarrollo neural, permitiendo una mejor y más rápida adaptación de los corderos a la vida independiente (Dwyer, 2003).

4.2. EFECTOS A LARGO PLAZO DE LA ESQUILA EN EL PRIMER TERCIO DE LA GESTACIÓN

Los resultados presentados en los Capítulos 3.1 y 3.2 de esta tesis, están basados en la hipótesis de que la esquila en el primer tercio de la gestación, en condiciones de un mejor clima y una mejor nutrición, en una ventana de tiempo crítica para el desarrollo de tejidos y órganos fetales, puede programar el crecimiento y desarrollo, el comportamiento reproductivo y la salud de la descendencia desde el destete y hasta los 18 meses de edad.

Para estos estudios se utilizaron las progenies de corderos y corderas originados en el primer experimento. A partir del momento del destete ($104 \pm 1,2$ d) y hasta los 18 meses de edad las corderas fueron manejadas separadas de los corderos, aunque dentro de cada grupo permanecieron juntos hasta el final del experimento los corderos/as nacidos de ovejas esquiladas en el primer tercio de la gestación y aquellos nacidos de ovejas esquiladas después del parto.

En las últimas décadas, la investigación en los animales de producción, ha puesto énfasis en las consecuencias que tienen los eventos en las etapas tempranas de la vida fetal, durante la vida adulta de la descendencia. Existen evidencias de que el entorno uterino en el cual se desarrolla el feto en el primer tercio de la gestación, puede jugar un rol crítico en determinar el desarrollo de órganos y tejidos, e imprimir las características del comportamiento en la vida adulta de los animales (Evans et al., 2016).

En el Capítulo 3.2 de esta tesis postulamos la hipótesis de que la esquila en el primer tercio de la gestación de ovejas en condiciones de pastoreo mejora el desempeño productivo y reproductivo de los corderos machos desde el destete y hasta los 18 meses de edad. Adicionalmente nos preguntamos, si la respuesta del organismo en etapas tempranas del desarrollo a los efectos de la esquila preparto será diferente según el sexo de los corderos o sean estos nacidos de partos únicos o mellizos? Los resultados presentados muestran que el peso de los corderos únicos como mellizos nacidos de ovejas esquiladas en el primer tercio de la gestación fue significativamente mayor

durante todo el período experimental en comparación con los corderos controles aunque la significancia no persistió más allá de los 12 meses de edad. Este mayor peso corporal puede ser el resultado del efecto positivo sobre el peso al nacimiento y al destete de los corderos como consecuencia de esquilarse a sus madres a los 50 días de gestación, ya que las ganancias medias diarias (kg/d) después del destete no fueron diferentes entre los tratamientos. Esto colaboró, para que los corderos alcanzaran el peso de faena (34 kg) para el mercado del producto cordero pesado (Azzarini, 2003) 94 días antes (41 semanas) que aquellos nacidos de ovejas esquiladas después de la gestación (55 semanas). Las ganancias medias diarias similares en ambos tratamientos sugieren, que el principal factor que influyó en la edad al sacrificio fue el mayor peso al destete de los corderos. Estos resultados concuerdan con Kenyon y Blair (2014) quienes informaron que los corderos más pesados al destete necesitan menos tiempo para alcanzar el peso de faena. Sin embargo, el efecto de la esquila preparto sobre el peso corporal disminuyó con el tiempo, hasta ser mínimo a los 18 meses de edad. El incremento en el peso corporal no se acompañó de una mayor condición corporal, ni de un cambio en la composición de la canal *in vivo* estimada a través de área de ojo de bife y el espesor de grasa del músculo *Longissimus dorsi* y del P8 entre los diferentes tratamientos.

La respuesta a la esquila preparto estuvo influenciada por el sexo del cordero (dimorfismo sexual). Los corderos machos presentaron un mayor peso vivo desde el nacimiento y hasta los 18 meses de edad (Capítulo 3.2) en comparación con las hembras, mientras que las corderas mostraron una mejor respuesta inmunitaria al desafío parasitario (Capítulo 3.1) lo cual no se manifestó en los corderos machos. Según McCarty y Long, 2019, estas respuestas pueden estar relacionadas con adaptaciones específicas de la placenta al sexo de la cría.

El crecimiento de la placenta y el desarrollo de los órganos del sistema reproductivo tanto en hembras como machos se inicia temprano en la gestación y completan su desarrollo aproximadamente durante la mitad de la preñez (Rhind, 2004; Ashworth et al., 2009). Además, se ha demostrado que la nutrición temprano y a mitad de gestación puede afectar el desarrollo reproductivo de la descendencia, aunque, la respuesta

parece estar asociada con el grado y duración del estímulo nutricional (Kenyon y Blair, 2014).

Sin embargo, los resultados de esta tesis muestran que la esquila en el primer tercio de la gestación no afectó el número de corderas que alcanzaron la pubertad en el primer otoño de vida, la edad a la que lo lograron, y la tasa ovulatoria (Capítulo 3.1). Tampoco se observaron diferencias en los parámetros reproductivos estudiados (pubertad, estructura morfológica e histológica de los testículos; concentración de testosterona, circunferencia escrotal máxima) en los corderos machos (Capítulo 3.2).

La adaptación metabólica y hormonal de la oveja gestante al estrés de la esquila se traduce en aumentos en la concentración de glucosa plasmática tanto en ovejas como en corderos (Symonds et al., 1986). Sin embargo, el evento del estrés asociado con la esquila, medido a través de la concentración plasmática de cortisol parece durar poco tiempo en las ovejas (Cueto et al., 2002; Carcangiu et al., 2008). Por tanto, es poco probable que pueda mediar los efectos a largo plazo sobre la descendencia. Por otra parte, el crecimiento fetal en etapas tempranas de la gestación prioriza el uso de la energía disponible para cubrir las demandas de desarrollo de aquellos órganos vitales para la supervivencia del organismo (sistema nervioso, cardiovascular) lo cual puede ocurrir a expensas del desarrollo y funcionamiento del sistema reproductivo (Osgerby et al., 2002).

Según Kenyon y Blair (2014) alimentar a las madres por encima de los requerimientos de mantenimiento difícilmente tenga ventajas en el posterior desempeño reproductivo de la descendencia. En este estudio, con el objetivo de cubrir los requerimientos de mantenimiento y gestación (Capítulo 2) las ovejas de ambos tratamientos y sus respectivas progenies pastorearon sobre pasturas mejoradas con un nivel de oferta de forraje (NOF) mínimo de 6% de MS/kg peso vivo (9,8 MJ de energía metabolizable/MS). Este estatus nutricional puede capitalizar los efectos de la programación de la esquila temprano en la gestación sobre el desarrollo y el desempeño reproductivo en la vida adulta. Sin embargo, es posible que este NOF pueda haber mitigado las posibles diferencias en la descendencia de las ovejas

esquiladas pre y posparto. Estos factores combinados pueden tener relación con la ausencia de una respuesta reproductiva a la esquila preparto temprano.

Un interesante y potencial efecto de la esquila en el primer tercio de la gestación fue que las corderas presentaron una menor cantidad de huevos de parásitos gastrointestinales por gramo de materia fecal (hpg/g/MF) y un menor índice de FAMACHA (definido como el número total de dosis antihelmínticos selectivos que fue necesario administrar a las corderas en relación con el número total de corderas utilizadas por tratamiento) en comparación con aquellas nacidas de ovejas esquiladas posparto. Esta respuesta no parece estar relacionada con el peso vivo de los animales y la condición corporal dado que ambas variables no fueron diferentes entre las corderas de ambos tratamientos de esquila.

Ha sido reportado, que el sistema inmune comienza su desarrollo temprano en la vida fetal y ha sido bien documentado los efectos de la nutrición y el estrés de las ovejas sobre el desarrollo del sistema inmunitario de la descendencia (Cronjé, 2003; Liu et al., 2015). Por lo cual, se puede especular, que en las condiciones beneficiosas del clima y la nutrición en que se realizó la esquila preparto una mejora en la nutrición del feto puede influir en la respuesta inmunitaria al desafío parasitario. Sin embargo, en el mismo ambiente intrauterino no se observó la misma respuesta inmunitaria en los corderos machos. Aun así, estos resultados representan un hallazgo potencialmente importante y hasta donde sabemos es la primera vez que se reporta un efecto de este tipo. De todas maneras, la información aquí presentada no permite abrir juicios definitivos y es necesario realizar más estudios sobre el tema.

En la propia complejidad celular, metabólica y fisiológica que caracteriza al crecimiento y desarrollo fetal, es probable, que encontremos las respuestas a la gran variabilidad de los resultados. Es posible, que factores como el ambiente, la nutrición prenatal de las ovejas y los corderos, junto con los efectos de la esquila pueden interactuar en forma dinámica para influir en la respuesta a corto y a largo plazo de la descendencia.

4.3. PERSPECTIVAS PARA FUTUROS ESTUDIOS

En este estudio hemos postulado la hipótesis de que la esquila en el primer tercio de gestación, podría promover cambios fisiológicos y metabólicos en el feto/s en crecimiento y así programar el crecimiento y desarrollo, la salud y el desempeño reproductivo en la vida adulta de la descendencia. Los resultados de esta tesis, permitieron identificar diferencias relevantes en variables productivas, tanto en las corderas como en los corderos, lo cual puede mejorar la productividad en los sistemas de producción ovina. Sin embargo, la esquila preparto temprano no mostró ningún efecto sobre ninguna de las variables reproductivas estudiadas tanto en las hembras como en los machos.

Los estudios epidemiológicos en humanos y los estudios experimentales que utilizan modelos animales han asociado la alteración de la programación fetal con fuertes y prolongadas restricciones nutricionales durante diferentes etapas de la gestación. Este es el primer estudio que ha postulado la hipótesis de que los efectos de la esquila en el primer tercio de la gestación sobre la programación fetal, podrían estar mediados por una mejora en la nutrición del feto. Esta mejora en la nutrición del feto, como consecuencia de un incremento en el flujo sanguíneo útero - fetal puede dar lugar a cambios permanentes en el desarrollo que afecten el fenotipo de la descendencia.

Este tipo de investigación se caracteriza por requerir de un importante número de animales experimentales y de un prolongado período de tiempo para poder recoger los primeros resultados. Sin embargo, es particularmente difícil controlar todos los eventos que de alguna manera pueden terminar reduciendo el número de animales experimentales en ese largo trayecto desde la concepción hasta el momento del destete. Por tanto, el uso de un mayor número de animales en futuros estudios puede ayudar a minimizar este problema.

Sería interesante que los resultados de esta tesis pudieran dar origen a futuras investigaciones que permitan en primer lugar confirmar los resultados obtenidos y estudiar los mecanismos metabólicos y hormonales que están detrás de las diferencias encontradas en el crecimiento y la respuesta inmunitaria de la descendencia.

En segundo lugar, y con el objetivo de identificar alguna potencial señal de la esquila preparto que aún no se hayan materializado en el desarrollo y posterior comportamiento del sistema reproductivo, podría ser de interés explorar algunas vías de señalización de cambios epigenéticos que puedan aportar información en relación con la regulación de los genes que afectan el desarrollo reproductivo (desarrollo y la función de los tractos reproductivos, el desarrollo y la maduración de las células germinales, la función del cuerpo lúteo, la fertilización y la función placentaria) (da Silveira et al., 2018). La utilización de los microARN (ARN no codificantes) pequeñas moléculas de ARN que pueden iniciar y controlar cambios epigenéticos. Estas pequeñas moléculas que representan vías de señalización relacionadas con la diferenciación y proliferación celular, pueden representar una herramienta útil para este estudio.

Los interesantes efectos a corto y largo plazo de la esquila en el primer tercio de la gestación en términos de una mayor cantidad de corderos al destete, un mayor peso corporal y una mejor respuesta inmunitaria después del destete, justifican ampliamente futuras investigaciones.

4.4. CONCLUSIONES

Los resultados de esta tesis indican que la esquila en el primer tercio de la gestación de ovejas pastoreando pasturas mejoradas, afecta el crecimiento y la salud de la descendencia. La esquila preparto temprano fue eficaz en incrementar el peso al nacimiento y al destete de los corderos nacidos de partos únicos y mellizos. Además del mayor peso vivo y del mayor vigor de los corderos al parto tuvo consecuencias positivas en la supervivencia al destete de los corderos mellizos. Sin embargo, el mayor peso vivo de los corderos únicos nacidos de ovejas esquiladas en el primer tercio de gestación, no se reflejó en un aumento de la supervivencia al destete. Esto puede tener relación con el elevado peso de los corderos controles y el alto nivel de oferta.

La esquila influyó positivamente en el peso vivo de los corderos a partir del destete y los efectos se mantuvieron hasta los 18 meses de edad. Esto no fue producto de la

programación de la esquila preparto temprano sobre el crecimiento de los corderos, sino del efecto positivo sobre el peso al nacimiento y al destete, al esquilar sus madres en el primer tercio de la gestación. Adicionalmente, la esquila en el primer tercio de la gestación promovió una mejor respuesta inmunitaria al desafío parasitario (menor conteo de HPG/g MS y menor índice de FAMACHA) en las corderas, aunque no se observó una relación con el peso vivo o la condición corporal durante el período de estudio.

A pesar de que la esquila fue aplicada en un momento crítico para el desarrollo de la placenta y la organogénesis fetal los resultados sugieren que el estímulo de la esquila no fue suficiente para afectar el desarrollo y el desempeño reproductivo de la descendencia.

5. BIBLIOGRAFÍA

Ashworth CJ, Toma LM, Hunter MG. 2009. Nutritional effects on oocyte and embryo development in mammals: implications for reproductive efficiency and environmental sustainability. Review. Philosophical Transaction Royal Society, 364: 3351-3361. doi.10.1098/rstb.2009.0184.

- Asmad K, Kenyon PR, Parkinson TJ, Pain SJ, Lopez-Villalobos N, Blair HT. 2013. Brief communication: Effect of dam size and nutrition during pregnancy on fetal testicular development in sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 73: 41-44.
- Austin AR, Young NF. 1977. The effect of shearing pregnant ewes on lamb birth weights. *Veterinary Record*, 100(25): 527-529. doi:10.1136/vr.100.25.527
- Azzarini M. 2003. El cordero pesado tipo SUL; un ejemplo de desarrollo integrado en la producción de carne ovina del Uruguay. En: Congreso Mundial Corriedale (12º, 2003, Montevideo). Seminario técnico. Montevideo, Sociedad Criadores de Corriedale del Uruguay. pp. 11-17.
- Azzarini M. 2000. Las pariciones de primavera y la esquila preparto. En: Una propuesta para mejorar los procreos ovinos. Secretariado Uruguayo de la Lana. Montevideo. Uruguay. pp 53-55.
- Baker TG. 1972. Oogénesis y ovulación. En: Austin CR y Short RV. Procesos de reproducción en los mamíferos. Células germinales y fertilización. Mexico DF. Ed. Científicas,. La prensa médica mexicana, S.A. Capítulo II, 15-48.
- Banchero G, Montossi F, de Barbieri I. 2013. Cómo lograr una buena encarnada para mejorar la eficiencia reproductiva de nuestras majadas. *Revista INIA*, 2013, N° 32: 12-16. Tacuarembó. Uruguay.
- Banchero G, Vázquez A, Montossi F, De Barbieri I, Quintans G. 2010. Prepartum shearing of ewes under pastoral conditions improves the early vigour of both single and twin lambs. *Animal Production Science*, 50: 309-314. doi.10.1071/AN09127.
- Banchero GE, Quintans G, Lindsay DR, Milton JTB. 2009. A pre-partum lift in ewe nutrition from a high-energy lick or maize or by grazing *Lotus uliginosus* pasture, increases colostrum production and lamb survival. *Animal*, 3(8): 1183-1188. doi.10.1017/S1751731109004571.
- Banchero G. Montossi F, Barbieri I DE, Quintans G. 2007. Esquila preparto: Algunos mecanismos implicados que podrían explicar la mayor supervivencia de corderos nacidos de ovejas esquiladas durante la gestación. En: Jornadas

- Uruguayas de Buiatría (XXXV, 2007, Paysandú). Proceedings, XXXV Jornadas Uruguayas de Buiatría, 199-206, Paysandú, Uruguay.
- Banchero G. 2003. Lamb vigour and maternal behaviour of single-bearing Merino ewes in high and low condition without or with a supplement of lupins during the last two weeks of pregnancy. PhD Tesis. Strategic nutrition to improve lactogenesis and behavior in wool sheep. Western, Australia. Faculty of Natural and Agricultural Sciences. The University of Western Australia. pp.155-212.
- Barker DJP, Clark PM. 1997. Fetal undernutrition and disease in later life. *Reviews of Reproduction*, 2(2): 105-112. doi.10.1530/ror.0.0020105.
- Barker D, Osmond C. 1986. Infant mortality, childhood nutrition, and ischemic heart disease in England and Wales. *The Lancet*, 327(8489):1077-1081. doi.10.1016/s0140-6736(86)91340-1.
- Barrán JP. 1974. Apogeo y crisis del Uruguay pastoril y caudillesco 1839-1875. En: *Historia Uruguayana* / Tomo 4. Montevideo, Uruguay. (Eds). De la Banda Oriental, 1ª Ed. pp, 104-108.
- Bateson P, Barker D, Clutton-Brock T, Deb D, D'Udine, et al. 2004. Developmental plasticity and human health. *Nature*, 430: 419-421. doi.10.1038/nature02725.
- Bauer MK, Harding JE, Bassett NS, Breier BH, Oliver MH, Gallaher BH, Evans PC, Woodall SM, Gluckman PD. 1998. Fetal growth and placental function. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 140: 115-120. doi.org/10.1016/s0303-7207(98)00039-2.
- Bauman DE. 2000. Regulation of Nutrient Partitioning during Lactation: Homeostasis and Homeorhesis Revisited. In: Cronje, P.J. *Ruman Physiology. Digestion. Metabolism and Growth and Growth and Reproduction*, New York. (Eds) CAB Publishing, New York, 311-327.
- Bell AW, Greenwood PL. 2016. Prenatal origins of postnatal variation in growth, development and productivity of ruminants. *Animal Production Science*, 56: 1217-1232. Review doi.org/10.1071/AN15408.
- Berretta EJ, Bemhaja M. 1997. Producción de pasturas naturales en el Basalto: producción estacional del forraje de tres comunidades nativas sobre suelos de Basalto. En: Carámbula M, Vaz Martins D, Indarte E. *Pasturas y producción*

- animal en áreas de ganadería extensiva. (2ª. reimpresión, 1997, Montevideo, Uruguay). (Eds.). INIA, 1997, Serie Técnica: N° 13, 19-23.
- Bielli A, Pérez R, Pedrana G, Milton JT, López A, Blackberry MA, Duncombe G, Rodriguez-Martinez H and Martin GB. 2002. Low maternal nutrition during pregnancy reduces the numbers of Sertoli cells in the newborn lamb. *Reproduction. Fertility and Development*, 14: 333-337.
- Bielli A, Pedrana G, Gastel MT, Castrillejo A, Moraña A, Lundeheim N, Forsberg M, Rodriguez-Martinez H. 1999. Influence of grazing management on the seasonal change in testicular morphology in Corriedale rams. *Animal Reproduction Science*, 56(2): 93-105. doi.org/10.1016/S0378-4320(99)00027-5.
- Bielli A, Katz H, Pedrana G, Gastel MT, Moraña A, Castrillejo A, Lundeheim N, Forsberg M, Rodriguez-Martinez H. 2001. Nutritional management during fetal and postnatal life, and the influence on testicular stereology and Sertoli cell numbers in Corriedale ram lambs. *Small Ruminant Research*, 40(1): 63-71. doi.org/10.1016/s0921-4488(00)00213-3.
- Black JH, Chestnut DMB. 1990. Influence of shearing regime and grass silage quality on the performance of pregnant ewes. *Animal Production*, 51(03): 573-582. doi. 10.1017/S0003356100012617.
- Boggiano P, Zanoniani R, Millot JC. 2005. Respuestas del campo natural a manejos crecientes de intervención. En Seminario de Actualización Técnica en manejo de campo natural (Serie Técnica 151), Montevideo, Uruguay (Eds). R Gómez Miller and MM Albicette), pp. 105-114. INIA.
- Borwick SC, Rhind SM, McMillen SR, Racey PA. 1997. Effect of under nutrition of ewes from the time of mating on fetal ovarian development in mid gestation. *Reproduction Fertility and Development*, 9(7): 711-715. doi.org/10.1071/R97011.
- Cal Pereyra L, Benech A, Da Silva S, Martín A, González-Montaña J. 2011. Metabolismo energético en ovejas gestantes esquiladas y no esquiladas sometidas a dos planos nutricionales: Efecto sobre las reservas energéticas de sus corderos. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 43(3): 277-285. doi.10.4067/s0301-732x2011000300010.

- Caldani M, Antoine M, Batailler M, Duittoz A. 1995. Ontogeny of GnRH sustems. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement*, 49:147-162.
- Cam MA, Kuran M. 2004. Shearing pregnant ewes to improve lamb birth weight increases milk yield of ewes and lamb weaning weight. *Asian- Australasian Journal of Animal Sciences*. 17: 1669-1673. doi.10.5713/ajas.2004.1669.
- Carcangiu V, Vacca GM, Parmeggiani A, Mura MC, Pazzola M, Dettori ML, Bini PP. 2008. The effect of shearing procedures on blood levels of growth hormone, cortisol and other stress haematochemical parameters in Sarda sheep. *Animal*, 2(4): 606-612. doi. 10.1017/S1751731108001651.
- Chadio S, Kotsampasi B. 2014. The role of early life nutrition in programming of reproductive function. *Journal of Developmental Origins of Health and Disease*, 5(1): 2-15. doi.10.1017/S204017441300038X.
- Ciccioli NH, Irazoqui H, Cuthill J, Giglioli C, Fernández LM. 2005. Época de esquila y alimentación parto en ovejas Corriedale gestando mellizos. *Revista Argentina de Producción Animal*, 25: 1-9.
- Clarke L, Bryant MJ, Lomu MA, Symonds ME. 1997. Maternal manipulation of brown adipose tissue and liver development in the ovine fetus during late gestation. *British Journal of Nutrition*, 77: 871-883.
- Cloete SWP, van Niekerk FE, van der Merwe GD. 1994. The effect of shearing pregnant ewes prior to a winter-lambing season on ewe and lamb performance in the southern Cape. *South African Journal of Animal Science*, 24: 140–142.
- Constância M, Hemberger M, Hughes J, Dean W, Ferguson-Smith A, Fundele R, Reik W. 2002. Placental-specific IGF-II is a major modulator of placental and fetal growth. *Nature*, 417(6892): 945-948. doi.10.1038/nature00819.
- Cronjé PB. 2003. Foetal programming of immune competence. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 43: 1427-1430. doi.org/10.1071/EA03005.
- Cueto M, Gibbons A, Giraudo C, Taddeo H, Balsamo N, Pittau A. 2002. Efecto de la esquila y nivel nutricional pre parto sobre la concentración materna de glucosa y cortisol. *Revista Argentina de Producción Animal*, 22 (Sup. 1): 73-74.

- Cueto M, Gibbons A, Giraudo C, Somlo A, Taddeo H. 1996. Efecto de la alimentación y esquila preparto sobre el peso y longitud de gestación de corderos. *Revista Argentina de Producción Animal*, 16:195-201.
- Dabiri N. 1994. The effects of pre-lamb shearing on feed intake, metabolism and productivity of sheep. PhD Tesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand. Massey University Library, p. 182.
- Dalton DC, Knight TW, Johnson DL. 1980. Lamb survival in sheep breeds on New Zealand hill country. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 23: 167-173. doi.10.1080/00288233.1980.10430783.
- Da Silveira JC, de Ávila AC FCM, Garrett HL, Bruemmer JE, Winger QA, Bouma GJ. 2018. REVIEW Cell-secreted vesicles containing microRNAs as regulators of gamete maturation. *Journal of Endocrinology*, 236: R15–R27. doi.org/10.1530/JOE-17-0200.
- De Barbieri I, Montossi F, Viñoles C, Kenyon PR. 2018. Time of shearing the ewe not only affects lamb live weight and survival at birth and weaning, but also ewe wool production and quality. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 61: 57-66. doi.org/10.1080/00288233.2017.1388825.
- De Barbieri I, Montossi F, Dighiero A, Martínez H, Nolla M, Luzardo S, Mederos A, Zamit W, Levratto J, Frugoni J, Lima G, Costales J. 2005. Alternativas de la esquila preparto temprana. Evaluación del impacto del tipo de peine. En: Seminario de Actualización técnica: reproducción ovina. (Eds.). Recientes avances realizados por el INIA, Uruguay. Tacuarembó: INIA (Serie de actividades de Difusión, 401): 104-114.
- DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2018. Producción [En línea]. En: Anuario estadístico agropecuario 2018. Montevideo: MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Consultado 28 enero 2020. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-diea>.
- Du M, Tong J, Zhao J, Underwood KR, Zhu M, Ford SP, Nathanielsz PW. 2010. Fetal Programming of Skeletal Muscle Development in Ruminant Animals. *Journal of Animal Science*, 88(13 Suppl): E51-60. doi. 10.2527/jas.2009-2311.

- Dwyer CM, Conington J, Corbiere F, Holmøy IH, Muri K, Nowak R, Rooke J, Vipond J, Gautier JM. 2016. Invited review: Improving neonatal survival in small ruminants: science into practice. *Animal*, 10(3): 449-459. doi:10.1017/S1751731115001974.
- Dwyer CM, Morgan CA. 2006. Maintenance of body temperature in the neonatal lamb: effects of breed, birth weight, and litter size. *Journal of Animal Science*, 84:1093-1101. doi:10.2527/2006.8451093x.
- Dwyer CM, Lawrence AB, Bishop SC, Lewis M. 2003. Ewe-lamb bonding behaviours at birth are affected by maternal undernutrition in pregnancy. *British Journal of Nutrition*, 89(1): 123-136. doi:10.1079/bjn2002743.
- Dýrmondsson Ó. 1991. Shearing time of sheep with special reference to conditions in Northern Europe: a review. *Iceland Agriculture Science*, 5:39-46.
- Eckery DC, Tisdall DJ, Heath DA, McNatty KP. 1996. Morphology and function of the ovary during fetal and early neonatal life: A comparison between the sheep and brushtail possum (*Trichosurus vulpecula*). *Animal Reproduction Science*, 42(1-4): 551-561. doi:10.1016/0378-4320(96)01502-3.
- Ehrhardt RA, Bell AW. 1995. Growth and metabolism of the ovine placenta during mid-gestation. *Placenta*, 16: 727-741. doi:10.1016/0143-4004(95)90016-0.
- Evans NP, Bellingham M, Robinson JE. 2016. Prenatal programming of neuroendocrine reproductive function. *Theriogenology*, 86(1): 340-348. doi:10.1016/j.theriogenology.2016.04.047.
- Fernández Abella D, Cueto M, Ferrugem Moraes JC. 2017. Factores que afectan la supervivencia del cordero. *Revista Argentina de Producción Animal*, 17 (2): 1-16.
- Fernández Abella D, Saldaña S, Surraco L, Villegas N, Hernández Russo Z, Rodríguez Palma R. 1994. Montevideo. Evaluación de la variación estacional de la actividad sexual y crecimiento de lana en cuatro razas. *Boletín Técnico de Ciencias Biológicas de la Universidad de la República*, 4, 19-44.
- Fernández Abella DH. 1981. Evaluación de la esquila pre-parto. En: Reunión Técnica, 4: 1981 dic 2-3: Montevideo Resúmenes. Montevideo (Uruguay): Facultad de Agronomía, 1981, p 9-10.

- Ford SP, Long NM. 2012. Evidence for similar changes in offspring phenotype following either maternal undernutrition or overnutrition: potential impact on fetal epigenetic mechanisms. *Reproduction, Fertility and Development*, 24: 105-111. doi.org/10.1071/RD11911.
- Formoso D. 2006. Productividad primaria neta de los principales campos sobre suelos de basalto y cristalino. *Producción Ovina* 18, 33-40. Montevideo. Secretariado Uruguayo de la lana (SUL).
- Foster DL, Yellon SM, Olster DH. 1985. Internal and external determinants of the timing of puberty in the female. *Journal Reproductive Fertility*, 75: 327- 344.
- Funston RN, Larson DM, Vonnahme KA. 2010. Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: implications for beef cattle production. *Journal Animal Science*, 88(13 Suppl): E205-15. doi. 10.2527/jas.2009-2351.
- Gardner DS, Ozanne SE, Sinclair KD. 2009. Effect of the early-life nutritional environment on fecundity and fertility of mammals. *Philosophical Transaction Royal Society B*, 364: 3419-3427. doi:10.1098/rstb.2009.0121.
- Gardner DS, Lea RG, Sinclair KD. 2008. Developmental programming of reproduction and fertility: what is the evidence? *Animal*, 2(8): 1128-1134. doi:10.1017/S1751731108002607.
- Gastel T, Bielli A, Perez R, Lopez A, Castrillejo A, Tagle R, Franco J, Laborde D, Forsberg M, Rodriguez-Martinez H. 1995. Seasonal variations in testicular morphology in Uruguayan Corriedale rams. *Animal Reproduction Science*, 40(1-2): 59-75. doi.org/10.1016/0378-4320(95)01402-L.
- Gicquel C, Le Bouc Y. 2006. Hormonal Regulation of Fetal Growth. *Hormone Research*, 65 (Suppl 3): 28-3. doi. 10.1159/000091503.
- Giffin JL, Bartlewski PM, Hahnel AC. 2014. Correlations among ultrasonographic and microscopic characteristics of prepubescent ram lamb testes. *Experimental Biology and Medicine*, 239(12):1606-1618. doi.org/0.1177/1535370214543063.
- Gluckman PD, Hanson MA, Spencer HG, Bateson P. 2005. Environmental influences during development and their later consequences for health and disease:

- implications for the interpretation of empirical studies. Review. *Proceedings of the Royal Society Biological*, 272: 671-677. doi.10.1098/rspb.2004.3001.
- Gluckman PD, Hanson MA, 2004. Developmental Origins of Disease Paradigm: A Mechanistic and Evolutionary Perspective. *Pediatric Research*, 56: 311-317. doi. 10.1203/01.PDR.0000135998.08025.FB.
- Goldman B. 2001. Mammalian photoperiodic system: formal properties and neuroendocrine mechanisms of photoperiodic time measurement. *Journal of Biological Rhythms*, 16 (4): 283-301. doi. 10.1177/074873001129001980.
- Grazul-Bilska AT, Johnson ML, Borowicz PP, Minten M, Bilski, JJ, Wroblewski R, Velimirovich M, Coupe LR, Redmer D and Reynolds LP. 2011. Placental development during early pregnancy in sheep: cell proliferation, global methylation, and angiogenesis in the fetal placenta. *Reproduction*, 141: 529-540. doi.org/10.1530/REP-10-0505.
- Greenwood PL, Thompson A and Ford SP 2010. Postnatal consequences of the maternal environment and growth during prenatal life for productivity of ruminants. In *Managing the prenatal environment to enhance livestock productivity*. Springer Science Business Media, Dordrecht, Netherlands (Eds.) PL Greenwood, AW Bell, PE Vercoe and GJ Viljoen), pp. 3-36.. doi.org/10.1007/978-90-481-3135-8.
- Gregory NG. 1995. The role of shelterbelts in protecting livestock: A review, *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 38:4: 423-450. doi. 10.1080/00288233.1995.9513146.
- Gunn RG, Sim DA, Hunter EA. 1995. Effects of nutrition in utero and in early life on the subsequent lifetime reproductive performance of Scottish Blackface ewes in two management systems. *Animal Science*, 60: 223-230. doi.org/10.1017/S1357729800008389.
- Hanson M, Godfrey KM, Lillycrop KA, Burdge GC, Gluckman PD. 2011 Developmental plasticity and developmental origins of non-communicable disease: Theoretical considerations and epigenetic mechanisms. Review. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 106: 272-280. doi.10.1016/j.pbiomolbio.2010.12.008.

- Haydock KP, Shaw NH. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15: 663-670.
- Hinch GN, Crosbie SF, Kelly RW, Owens JL, Davis GH. 1985. Influence of birth weight and litter size on lamb survival in high fecundity Booroola-Merino crossbred flocks. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 28(1): 31-38. doi.10.1080/00288233.1985.10426996.
- Hyttel P, Sinowatz F, Vejlsted M, Betteridge K. 2010. Cellular and molecular mechanism in embryonic development. In: *Domestic Animal Embriology* Saunders Elsevier. (1st Edition, Canada) Chapter 2, 13-24.
- Ithurralde J, Pérez-Clariget R, Corrales F, Fila D, López-Pérez Á, Marichal M, Bielli A. 2019. Sex-dependent effects of maternal undernutrition on growth performance, carcass characteristics and meat quality of lambs. *Livestock Science*, 221: 105-114.
- Jammes H, Junien C, Chavatte-Palmer P. 2011. Epigenetic control of development and expression of quantitative traits. *Reproduction, Fertility and Development*, 23(1): 64-74. doi.10.1071/rd10259.
- Keady TWJ, Hanrahan JP. 2008. Effects of shearing at housing, grass silage feed value and extended grazing herbage allowance on ewe and subsequent lamb performance. *Animal*, 3(1): 143-151. doi.10.1017/S1751731108003303.
- Kelly RW. 1992. Nutrition and placental development. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia*, 17: 203-210.
- Kenyon PR, Blair HT. 2014. Foetal programming in sheep – effects on production. *Small Ruminant Research*, 118: 16-30. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.021Get.
- Kenyon PR, Revell DK, Morris ST. 2006. Mid-pregnancy shearing can increase birthweight and survival to weaning of multiple-born lambs under commercial conditions. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46, 821-825.
- Kenyon PR, Sherlock RG, Parkinson TJ, Morris ST. 2005. The effect of maternal shearing and thyroid hormone treatments in mid pregnancy on the birth weight,

- follicle, and wool characteristics of lambs. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 48: 293-300.
- Kenyon PR, Morris ST, Revell DK, McCutcheon SN. 2003. Shearing during pregnancy- a review of a policy to increase birthweight and survival of lambs in New Zealand pastoral farming systems. *New Zealand Veterinary Journal*, 51: 200-207. doi:10.1080/00480169.2003.36368.
- Kenyon PR, Morris ST, Revell DK, McCutcheon SN. 1999. Improving lamb birthweight through mid- to late-pregnancy shearing: a review of recent Studies. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 59: 70-72.
- Kotsampasi B, Chadio S, Papadomichelakis G, Deligeorgis S, Kaliogiannis D, Menegatos I, Zervas G. 2009. Effects of maternal undernutrition on the hipotalamic-piyuitary-gonadal axis function in female sheep offspring. *Reproduction in Domestic Animals*, 44: 677-684. doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.01046.x.
- Lacagnina S. 2019. The Developmental Origins of Health and Disease (DOHaD). *American Journal of Lifestyle Medicine*, 14(1): 155982761987969. doi. 10.1177/1559827619879694.
- Liu Y, He S, Zhang Y, Xia W, Li M, Zhang C and Gao F. 2015. Effects of intrauterine growth restriction during late pregnancy on the development of the ovine fetal thymus and the T-lymphocyte subpopulation. *American Journal of Reproductive Immunology*, 74: 26-37. doi. 10.1111/aji.12371.
- López-Mazz C, Baldi F, Quintans G, Kenyon PR, Correa O, Regueiro M, Álvarez-Oxiley A, Banchero GE. 2020. Effect of early shearing during gestation on the productive and reproductive behavior of female sheep offspring in their first 18 months of age. *Animal*, 14(4): 807-813. doi.org/10.1017/S1751731119002441.
- López-Mazz C, Baldi F, Quintans G, Banchero G. 2017. Shearing ewes in the first third of gestation improves offspring performance. *Animal Reproduction Science*, 58(10): 1908-1914. doi.org/10.1071/AN16461.
- Lucas A. 1998. Programming by Early Nutrition: An Experimental Approach. *The Journal of Nutrition*, 128(2): 401S-406S. doi.10.1093/jn/128.2.401s.

- Martin GB, Milton JTB, Davidson RH, Banchero Hunzicker GE, Lindsay DR, Blache D. 2004. Natural methods for increasing reproductive efficiency in Small Ruminants. *Animal Reproduction Science*, 82-83: 231-246. doi:10.1016/j.anireprosci.2004.05.014.
- McCarty KJ, Long NM. 2019. Los orígenes de la programación o desarrollo fetal en ganado vacuno y algunas áreas de investigación a futuro. In: QUINTANS, G.; LEWDIUKOW, M. (Ed.). *Primer Seminario Técnico de Programación Fetal*. Montevideo (UY): INIA, 2019. p. 3-20. (INIA Serie Técnica; 252).
- McCutcheon SN, Holmes CW, McDonald MF. 1981. The starvation-exposure syndrome and neonatal lamb mortality. A review. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 41: 209-217.
- McNatty KP, Smith P, Hudson NL, Heath DA, Tisdall DJ, O WS, Braw-Tal R. 1995. Development of the sheep ovary during fetal and early neonatal life and the effect of fecundity genes. *Journal Reproduction Fertility (Suppl.)*, 49:123-35.
- Miller DR, Blache D, Jackson RB, Downie EF, Roche JR. 2010. Metabolic maturity at birth and neonate lamb survival: Association among maternal factors, litter size, lamb birth weight, and plasma metabolic and endocrine factors on survival and behavior. *Journal of Animal Science*, 88(2):581-592. doi:10.2527/jas.2009-2170.
- Montossi F, de Barbieri I, Digiero A, Martínez H, Nolla M, Luzardo S, Mederos A, San Julian R, Zamit R, Levratto W, Frugoni J, Lima G, Costales J. 2005. La esquila parto temprano: una nueva opción para la mejora reproductiva ovina. En 'Seminario de Actualización técnica: reproducción ovina. (Eds.). Recientes avances realizados por el INIA, Uruguay'. Tacuarembó: INIA (Serie de actividades de Difusión, 401): 85-103.
- Moore SE. 1998. Nutrition, immunity and the fetal and infant origins of disease hypothesis in developing countries. *Proceedings of the Nutrition Society*, 57: 241-247.
- Morris ST, McCutcheon SN, Revell DK. 2000. Birth weight responses to shearing ewes in early to mid gestation. *Animal Science*, 70: 363-369. doi:10.1017/S1357729800054825.

- Morris ST, McCutcheon SN. 1997. Selective enhancement of growth in twin fetuses by shearing ewes in early gestation. *Animal Science*, 76: 215-238.
- Murphy TW, Stewart WC, Smith CG, Taylor JB. 2018. Effects of late gestation shearing on BW, feed intake and plasma metabolite concentrations in Rambouillet ewes managed outdoors during winter. *Animal*, 1-6. doi.10.1017/s175173111800191x.
- Nathanielsz PW. 2000. Fetal Programming: How the Quality of Fetal Life Alters Biology for a Lifetime. *NeoReviews*, 1(7): 126e-131. doi.10.1542/neo.1-7-e126.
- Ngongoni NT, Robinson JJ, Aitke R. 1984. The effect of shearing on the rate of outflow of a chromium-mordanted protein concentrate from the rumen of ewes. Winter Meeting. British Society of Animal Production. Paper N° 17. doi.org/10.1017/S0308229600013829.
- Nowak R, Poindron P. 2006. From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reproduction Nutritional Development*, 46: 431-446. doi.org/10.1051/rnd:2006023.
- Nowak R. 1996. Neonatal survival: contributions from behaviour studies in sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 49(1):61-72. doi.10.1016/0168-1591(95)00668-0.
- Oldham CM, Thompson AN, Ferguson MB, Gordon DJ, Kearney GA, Paganoni BL. 2011. The birthweight and survival of Merino lambs can be predicted from the profile of liveweight change of their mothers during pregnancy. *Animal Production Science*, 51: 776-783. doi.10.1071/AN10155.
- OMS (Organización Mundial de la Salud) 2006. Promoción del desarrollo fetal óptimo. Informe de una reunión consultativa técnica. En: Reunión consultiva técnica de la OMS sobre la elaboración de una estrategia de promoción del desarrollo fetal óptimo. (Eds.) Organización Mundial de la Salud. (Ginebra, Suiza, 25–27 de noviembre de 2003). p. 9-13.
- Osgerby JC, Wathes DC, Howard D, Gadd TS. 2004. The effect of maternal undernutrition on the placental growth trajectory and the uterine insulin-like growth factor axis in the pregnant ewe. *Journal of Endocrinology*, 182: 89-103.

- Osgerby JC, Wathes DC, Howard D, Gadd TS. 2002. The effect of maternal undernutrition on ovine fetal growth. *Journal of Endocrinology* (2002) 173, 131–141.
- Paten AM, Asmad K, Loureiro MFP, Kenyon PR, Pain SJ, Peterson SW, Pomroy WE, Scott I, Blair HT. 2011. The effects of dam nutrition during pregnancy on the postnatal growth and puberty attainment of ewe progeny. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 71: 56-58.
- Peñagaricano F, Wang X, Rosa GJM, Radunz AE, Khatib H. 2014. Maternal nutrition induces gene expression changes in fetal muscle and adipose tissues in sheep. *BMC Genomics*, 15:1034. <http://www.biomedcentral.com/1471-2164/15/1034>.
- Peñagaricano F, Souza AH, Carvalho PD, Driver AM, Gamba R, Kropp J, Hackbart KS, Luchini D, Shaver RD, Wiltbank MC, Khatib H. 2013. Effect of Maternal Methionine Supplementation on the Transcriptome of Bovine Preimplantation Embryos. *PLoS ONE*, 8(8): e72302. doi:10.1371/journal.pone.0072302.
- Piaggio L, Quintans G, San Julián R, Ferreira G, Ithurrealde J, Fierro S, Pereira ASC, Baldi F, Banchero GE. 2017. Growth, meat and feed efficiency traits of lambs born to ewes submitted to energy restriction during mid-gestation. *Animal*, 1-9. doi:10.1017/S1751731117001550.
- Pillai SM, Jones AK, Hoffman ML, McFadden KK, Reed SA, Zinn SA, Govoni KE. 2017. Fetal and organ development at gestational days 45, 90, 135 and at birth of lambs exposed to under- or over-nutrition during gestation. *Translational Animal Science*. doi:10.2527/tas2016.0002.
- Pierson RA, Adams GP. 1995. Computer assisted image analysis, diagnostic ultrasonography and ovulation induction: strange bedfellows. *Theriogenology*, 43: 105-112. doi.org/10.1016/0093-691x(94)00014-I.
- Plush KL, Hebart ML, Brien FD, Hynd PL. 2011. The genetics of temperament in Merino sheep and relationships with lamb survival. *Applied Animal Behaviour Science*, 134 (3-4), 130-135. doi:10.1016/j.applanim.2011.07.009.
- Rae MT, Kyle CE, Miller DW, Hammond AJ, Brooks AN and Rhind SM. 2002. The effects of undernutrition, in utero, on reproductive function in adult male and female sheep. *Animal Reproduction Science*, 72: 6-71. doi.org/10.1016/S0378-4320(02)00068-4.

- Rattray PV, Garrett WN, East NE, Hinman N. 1974. Growth, Development and Composition of the Ovine Conceptus and Mammary Gland During Pregnancy. *Journal of Animal Science*, 38 (3): 613-626.
- Revell DK, Morris ST, Cottam YH, Hanna JE, Thomas DG, Brown S, McCutcheon SN. 2002. Shearing ewes at mid-pregnancy is associated with changes in fetal growth. *Australian Journal of Agricultural Research*, 53: 697-705. doi:10.1071/AR01140.
- Reynolds LP, Vonnahme KA. 2017. Livestock as models for developmental programming *Animal Frontiers*, 7(3): 12-17. doi:10.2527/af.2017-0123.
- Reynolds LP, Borowicz PP, Caton J S, Vonnahme KA, Luther JS, Hammer CJ, Maddock Carlin KR, Grazul-Bilska AT, Redmer DA. 2010. Developmental programming: the concept, large animal models, and the key role of uteroplacental vascular development. *Journal Animal Science*, 88 (E. Suppl.): E61-E72. doi. 10.2527/jas.2009-2359.
- Reynolds LP, Redmer DA 1995. Utero-placental vascular development and placental function. *Journal of Animal Science*, 73: 1839-1851. doi.org/10.2527/1995.7361839x.
- Rhind SM. 2004. Effects of maternal nutrition on fetal and neonatal reproductive development and function. *Animal Reproduction Science*, 82-83: 169-181. doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.003.
- Rhind SM, Rae MT, Brooks AN. 2001. Effects of nutrition and environmental factors on the foetal programming of the reproductive axis. *Reproduction*, 122(2): 205-214. doi.org/10.1530/rep.0.1220205.
- Robinson JJ, Ashworth CJ, Rooke JA, Mitchell LM, McEvoy TG. 2006. Nutrition and fertility in ruminant livestock. *Animal Feed Science and Technology*, 126: 259-276. doi. 10.1016/j.anifeedsci.2005.08.006.
- Robinson JJ, Sinclair KD, McEvoy TG. 1999. Nutritional effects on foetal growth. *Animal Science*, 68(02): 315-331. doi:10.1017/s1357729800050323.
- Robinson JJ. 1977. The influence of maternal nutrition on ovine foetal growth. *Proceedings of the Nutrition Society*, 36(01):, 9-16. doi:10.1079/pns19770003.

- Rooke JA, Arnott G, Dwyer CM, Rutherford KMD. 2015. The importance of the gestation period for welfare of lambs: maternal stressors and lamb vigour and wellbeing. *Journal of Agricultural Science*, 153(03): 497-519. doi.10.1017/s002185961400077x.
- Rooke JA, Houdijk JGM, McIlvaney K, Ashworth CJ, Dwyer CM. 2010. Differential effects of maternal undernutrition between days 1 and 90 of pregnancy on ewe and lamb performance and lamb parasitism in hill or lowland breeds. *Journal of Animal Science*, 88: 3833-3842. doi.org/10.2527/jas.2010-2991.
- Rosales Nieto CA, Mantey A, Makela B, Byrem T, Ehrhardt R, Veiga-Lopez A. 2019. Shearing during late pregnancy increases size at birth but does not alter placental endocrine responses in sheep. *Animal*, 1-8. doi.10.1017/S1751731119002696.
- Russel AJF, Doney JM, Gunn RG. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal of Agricultural Science*, 72(03): 451-454. doi.org/10.1017/s0021859600024874.
- SAS, Statistical Analysis Software. 2001. Version 8.02. SAS Inst., Cary, NC, USA
- Sherlock RG, Kenyon PR, Morris ST, Parkinson TJ. 2003. Metabolic changes in ewes shorn during mid-pregnancy. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 63: 144-148.
- Silva SR, Afonso JJ, Santos VA, Monteiro A, Guedes CM, Azevedo JMT, Dias-da-Silva A. 2006. In vivo estimation of sheep carcass composition using real-time ultrasound with two probes of 5 and 7.5 MHz and image analysis. *Journal of Animal Science*, 84(12): 3433-3439. doi.org/10.2527/jas.2006-154.
- Smith P, Juengel J, Maclean P, Rand C, Stanton JL. 2019. Gestational nutrition 2: gene expression in sheep fetal ovaries exposed to gestational under nutrition. *Reproduction*, 157: 13-25. doi.org/10.1530/REP -18-0358.
- Sphor L, Banchemo G, Correa G, Osorio MTM, Quintans G. 2011. Early prepartum shearing increases milk production of wool sheep and the weight of the lambs at birth and weaning. *Small Ruminant Research*, 99: 44-47. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.007.

- Stephenson T, Budge H, Mostyn A, Pearce S, Webb R, Symonds M. 2001. Fetal and neonatal adipose maturation: a primary site of cytokine and cytokine-receptor action. *Biochemical Society Transactions*, 29(2): 80-85.
- Symonds ME. 2013. Brown Adipose Tissue Growth and Development. Review. Hindawi Publishing Corporation Scientifica, Volume 2013, Article ID 305763, 14 pages. doi.org/10.1155/2013/305763.
- Symonds ME, B, Stephenson T, Gardner DS, Budge H. 2007. Long-term effects of nutritional programming of the embryo and fetus: mechanisms and critical windows. *Reproduction, Fertility and Development*, 19: 53-63. doi.10.1071/RD06130.
- Symonds E, Bryant MJ, Shepherd DAL, Lomax MA. 1988. Glucose metabolism in shorn and unshorn pregnant sheep. *British Journal of Nutrition*, 60: 249-263. doi.10.1079 /BJN19880097.
- Symonds ME, Bryant MJ, Lomax MA. 1986. The effect of shearing on the energy metabolism of the pregnant ewe. *British Journal of Nutrition*, 56: 635-643. doi.0.1079/BJN19860144.
- Thompson GE, Bassett JM, Samson DE, Slee J. 1982. The effects of cold exposure of pregnant sheep on foetal plasma nutrients, hormones and birth weight. *British Journal of Nutrition*, 48: 59-64.
- Tizard IR. 2009. Órganos del sistema inmunitario. En: Tizard IR. In: *Introducción a la Inmunología Veterinaria*. (10th Ed). Elsevier Published, Barcelona, España, 108-112. eBook ISBN: 9788491134541.
- Ungerfeld R, Freitas-de-Melo A, Damián JP, Fernández-Werner A, Kremer R. 2018. Behavioural and physiological changes in pregnant ewes after winter shearing. *Small Ruminant Research*, 169: 57-61. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.10.017.
- Ungerfeld R y Fila D. 2011. Testicular Fluid Content Evaluated by Ultrasound Image Computer-Assisted Analysis Increases with Small-Dose Multiple GnRH Injections in Rams. *Reproduction in Domestic Animals*, 46(4): 720-723. doi.or/10.1111/j.1439-0531.2010.01735.x.

- Vipond JE, Margaret E, King ME, Inglis DM, Hunter EA 1987. The effect of winter shearing of housed pregnant ewes on food intake and animal performance. *Animal Production* 45: 211-221.
- Vonnahme KA, Lemley CO, Shukla P, O'Rourke ST. 2014. Placental programming: How the maternal environment can impact placental function. *Journal Animal Science*, 91:2467-2480. doi.10.2527/jas2012-5929.
- Vonnahme KA, Lemley CO, Shukla P and Rourke STO. 2013. Placental programming: how the maternal environment can impact placental function. *Journal of Animal Science*, 91: 2467-2480. doi.org/10.2527/jas2012-5929.
- Vonnahme KA, Zhu MJ, Borowicz PP, Geary TW, Hess BW, Reynolds LP, Caton JS, Means WJ, Ford SP. 2007. Effect of early gestational undernutrition on angiogenic factor expression and vascularity in the bovine placentome. *Journal of Animal Science*, 85(10): 2464-2472. doi.org/10.2527/jas.2006-805.
- Weibel ER. 1979. *Stereological Methods, Practical Methods for Biological Morphometry*, Vol. 1. Academic Press, London, 415 pp. <https://doi.org/10.1002/jobm.19810210824>.
- Wolfinger R, O'Connell M 1993. Generalized linear mixed models a pseudo-likelihood approach. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 48, 233-243.
- Wu G, Bazer FW, Wallace JM, Spencer TE. 2006. Board-invited review: Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences1. *Journal of Animal Science*, 84(9): 2316-2337. doi.10.2527/jas.2006-15.
- Zambrano E, Guzmán C, Rodríguez-González GL, Durand-Carbajal M, Nathanielsz PW. 2014. Fetal programming of sexual development and reproductive function. *Molecular and Cellular Endocrinology* 382: 538-549. doi.org/10.1016/j.mce.2013.09.008.

6. ANEXOS

6.1. LÓPEZ-MAZZ C, BALDI F, QUINTANS G, BANCHERO G. 2016. Efecto de la esquila preparto en borregas sobre la performance de la progenie al parto. (Datos Preliminares). En: Revista Argentina de Producción Animal, 2016, Vol. 36, (ISS.1). 39° Congreso de la Asociación Argentina de Producción Animal. Revista Argentina de Producción Animal. 19-21 Octubre 2016. ACTAS. Buenos Aires (Argentina): AAPA. p.30

Efecto de la esquila preparto en borregas sobre la performance de la progenie al parto. Datos preliminaresLópez-Mazz, C.¹, Baldi, F.², Quintans, G.², y Banchero, G.³¹Facultad de Agronomía, UDELAR, Avenida Garzón 780, Uruguay; ²Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, Universidad Estadal San Pablo, Brasil; ³Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Treinta y Tres 33000, Ruta 8 km 281, Uruguay; ⁴Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), La Estanzuela 70003, Ruta 50 km 12, Uruguay.*E-mail: latolopezmazz@gmail.com*Effect of prepartum shearing hoggets on the performance of progeny at lambing. Preliminary data***Introducción**

La esquila preparto permite reducir significativamente la mortalidad de corderos, principalmente en las primeras 72 horas de vida, prolongándose este efecto hasta el destete con respecto a la de corderos nacidos de ovejas que no han sido esquiladas. La mayor supervivencia se explica por el mayor peso vivo al nacimiento que registran los corderos nacidos de ovejas esquiladas durante la gestación (Montossi et al., 2005). Sin embargo la mayoría de estos trabajos han sido realizados con ovejas multiparas. El presente trabajo tuvo por objetivo evaluar la esquila preparto en borregas de 1,5 años de edad utilizando una esquila temprana al día 50 de gestación de modo de aprovechar el mayor crecimiento placentario indispensable para un adecuado crecimiento y desarrollo del feto.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en la UE "La Estanzuela" del INIA (35°S, 54°W). Se utilizaron 43 borregas Polwarth (18 meses de edad), con un peso vivo de 47,4±1,1 kg y 2,04±0,03 unidades de condición corporal. A los 40±7 días de gestación se realizó una ultrasonografía para determinar el número de fetos y a los 50±7,3 días de gestación la mitad de las borregas fueron esquiladas con un peine R7 y asignadas a dos tratamientos: esquiladas (E, n=16; melliceras n=9) y no esquiladas (NE, n=27; melliceras n=13). Todas las borregas pastorearon juntas en pasturas mejoradas (asignación de forraje de 6%/PV). Se determinó el largo de gestación, el comportamiento de los corderos durante la primera hora de vida, el peso al nacimiento y la supervivencia de los corderos al destete. Los resultados se analizaron por ANOVA, con un modelo lineal, PROC MIXED (SAS 9.3), que incluyó los efectos fijos de tratamiento, el número de fetos, sexo y sus respectivas interacciones.

Resultados y Discusión

No hubo diferencia (P=0,14) en el peso al nacimiento en corderos nacidos de borregas esquiladas y no esquiladas, teniendo en promedio 1,1 días más de gestación los corderos nacidos de borregas esquiladas (P=0,03).

Cuadro 1. Tiempo (min; medianaem) para el primer intento de pararse, momento de pararse, intenta mamar, momento efectivo de mamado y total de tiempo que los corderos maman desde el parto hasta una hora luego del parto. Entre paréntesis se detalla el porcentaje de corderos nacidos de borregas E y NE que lograron el éxito en cada una de las variables medidas.

Atributos	Tratamientos		Significancia
	E (n=25) (%)	NE (n=40) (%)	
Intenta pararse	4,8 ± 2,3b (92)	11,1 ± 2,1a (92)	P = 0,08*
Éxito en pararse	16,2 ± 1,7 (92)	16,4 ± 1,8 (90,6)	P = 0,63
Intenta mamar	19,0 ± 3,0b (84)	30,3 ± 2,9a (78)	P = 0,008
Éxito en Mamar	39,1 ± 2,2b (68)	39,7 ± 2,6a (67,5)	P = 0,94
Tiempo mamando	31,2 ± 9,7 (68)	39,7 ± 4,0 (67,5)	P = 0,20

(ab) valores dentro de una misma fila difieren (P < 0,05); *indica una tendencia.

Esto coincide con lo reportado para ovejas por Banchero et al. (2010). Los corderos nacidos de borregas esquiladas tendieron a ser más vigorosos intentando pararse y mamar antes que sus pares nacidos de borregas sin esquilar. A su vez, los corderos de borregas esquiladas comenzaron a mamar antes en su primer hora de vida que aquellos corderos nacidos de borregas sin esquilar (Cuadro 1). Sin embargo no se observó diferencia en el tiempo en que lograron pararse (P=0,05). La supervivencia de corderos fue de 92 y 70% para corderos nacidos de borregas esquiladas o no esquiladas respectivamente. La mortalidad más alta se registró en los mellizos de madres sin esquilar la que estuvo en el orden de 39%, mientras que en los mellizos de madres esquiladas fue 9% (datos no presentados). A pesar del bajo número de corderos, se evidencian un claro efecto de la esquila preparto sobre el vigor de los corderos y como consecuencia una mayor supervivencia. Esto puede ser atribuido al largo de gestación de las borregas esquiladas con corderos más maduros al momento del parto. Por ejemplo, Capper et al. (2002,2006) mostraron una relación entre el largo de la gestación y el momento en el cual comenzaron a mamar. Existen otros mecanismos que mejoran el vigor del cordero, como son el peso vivo al nacimiento, que en este caso fue similar para los dos tratamientos o la concentración de glucosa en plasma, la cual no se pudo determinar en este ensayo.

Conclusiones

Bajo las condiciones en que se realizó este estudio, se puede concluir que la esquila preparto afectó el largo de gestación de las borregas y el vigor de los corderos, lo cual se reflejó en una mayor supervivencia de los mismos.

Bibliografía

Banchero et al., 2010. *Animal Production Science*, **50**, 309-314.
Capper et al., 2002 in *Proceedings of the British Society of Animal Science Annual Meeting*, p. 7.
Capper et al., 2006. *The Journal of Nutrition*, **136**, 397-403.
Montossi et al., 2005. *Serie de oxalidades de Dipsión*, **401**, 85-103.
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

6.2. LÓPEZ-MAZZ C, BALDI F, QUINTANS G, REGUEIRO, BANCHERO G. 2018. Effect of early shearing on the productive performance of offspring in their first 18 months of age. En: Book of Abstracts of the 69th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science. Editor: Scientific Committee. Proceedings. Dubrovnik, Croatia. Volume 24, p. 516. doi.org/10.3920/978-90-8686-871-1.

Session 51

Poster 17

Effect of early shearing on the productive performance of offspring in their first 18 months of age

C. López Mazz¹, F. Baldi², G. Quintans³, M. Regueiro¹ and G. Banchero⁴

¹Fac. de Agronomía, Garzón 780, 12900, Uruguay; ²Facultad de Ciencias Agrarias, SP, 11884100, Brazil, ³INIA, Treinta y Tres, 33000, Uruguay; ⁴INIA, Colonia, 70006, Uruguay; tatolopezmazz@gmail.com

Nutritional and environmental stress at critical moments of foetal development can alter the physiology and metabolism of the organs and tissues of the offspring and influence its growth after weaning. The effect of shearing at 50 days of gestation on body condition (BCS) and body weight (BW) of male offspring in the first 18 months of life were evaluated. Seventy-nine male lambs (Polwarth) born in spring, whose mothers were assigned to two treatments factors: shearing time (prepartum (PS) and postpartum (U)) and litter size (single (S) and twin (T)) resulting in four treatments: SPS (n=23) single lambs born to PS ewes; SU (n=21) single lambs born to U ewes; TPS (n=18) twin lambs born to PS ewes and TU (n=17) twin lambs born to U ewes were used. From weaning (104±0.6 d) male lambs were handled on improved pastures, and BCS (scale of 1-5) and BW were recorded every 14 days. Data were analysed using a repeated-measure analysis with PROC MIXED procedure of SAS (SAS 9.3). Means were compared by Tukey-Kramer test ($P<0.05$). The weight of the lambs at birth ($P=0.0002$, 4.8 ± 0.3 vs 4.4 ± 0.2 kg) and at weaning ($P=0.01$, 21.5 ± 0.9 vs 19.2 ± 0.9 kg) was greater in PS lambs than U. BCS was not different ($P=0.10$, 1.9 ± 0.05 vs 1.9 ± 0.06 units PS and U) among treatments. BW of PS was higher than U male lambs ($P=0.02$, 34.6 ± 0.7 vs 32.2 ± 0.7 kg) but was not accompanied by a higher ($P=0.42$) daily gain of BW (0.73 ± 0.04 vs 0.78 ± 0.04 kg). BW of S and T male lambs was not different ($P=0.10$, 34.3 ± 0.8 vs 32.5 ± 0.8 kg, PS and U). The maximum difference ($P=0.007$) in BW among treatments was reached at 285 days old (33.9 ± 0.9 vs 30.3 ± 0.9 kg, PS and U) but the difference was lost after the age of 12 months. U male lambs could not compensate after weaning the lower BW they had at birth and at weaning. The high BW reached by PS lambs up to 12 months of age is of great importance for sheep meat producers, since it is the period where the products have the greatest commercial value.

6.3. LÓPEZ-MAZZ C, REGUEIRO M, BALDI F, QUINTANS G, BANCHERO G. 2019. La esquila a los 50 días de gestación de ovejas en pastoreo afectó positivamente el peso corporal pero no los parámetros reproductivos y de salud de los corderos machos durante los primeros 18 meses de edad. En: Primer Seminario Técnico de PROGRAMACIÓN FETAL. Serie Técnica 252, 125-134. Editores: Graciela Quintans y María Lewdiukow, Montevideo (UY): INIA. doi.org.10.10.35676/INIA/ST.252

LA ESQUILA A LOS 50 DÍAS DE GESTACIÓN DE OVEJAS EN PASTOREO AFECTÓ POSITIVAMENTE EL PESO CORPORAL PERO NO PARÁMETROS REPRODUCTIVOS Y DE SALUD DE LOS CORDEROS MACHOS DURANTE LOS PRIMEROS 18 MESES DE EDAD

C. López-Mazz¹, M. Regueiro¹, F. Baldi², G. Quintans³, G. Banchero⁴

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de la esquila a los 50 días de gestación sobre la producción, reproducción y la respuesta a un desafío parasitario en la descendencia (corderos machos), desde el destete (104 d) hasta los 18 meses de edad. Se utilizaron 79 corderos Ideal (Polwarth), 44 nacidos como únicos (S) y 35 nacidos como mellizos (T) de ovejas esquiladas a los 50 días de gestación (PS, n = 41) o esquiladas a los 62 días después del parto (U, control, n = 38) dando como resultado cuatro subgrupos: corderos nacidos únicos nacidos de ovejas esquiladas a los 50 días de gestación (SPS, n = 23); corderos únicos nacidos de ovejas esquiladas posparto (SU, n = 21); corderos mellizos nacidos de ovejas esquiladas a los 50 días de gestación (TPS, n = 18) y corderos mellizos nacidos de ovejas esquiladas posparto (TU, n = 17). Durante todo el periodo experimental los corderos fueron manejados sobre pasturas mejoradas. El peso corporal, la condición corporal y el recuento de huevos en materia fecal se registraron cada 14 días desde el destete hasta los 18 meses. Las mediciones de ultrasonido in vivo se tomaron a los 12,5 meses y 14,6 meses de edad para estimar el área de ojo de bife (AOB) y el espesor de grasa subcutánea (EGS) en el músculo *Longissimus dorsi* y el espesor de grasa en la cadera (P8). Además, una vez cada dos semanas, se determinó la concentración plasmática de testosterona para establecer la edad al inicio de la pubertad. Los

corderos machos PS fueron más pesados ($P = 0,02$) que los corderos machos U. El tratamiento de esquila no tuvo efecto en ninguno de los parámetros del desarrollo corporal ($P > 0,05$). Sin embargo, AOB ($P = 0,06$) y P8 ($P = 0,02$) fueron mayores a 14,6 meses que a 12,5 meses. La concentración de testosterona, la edad en la pubertad y el peso testicular no fueron diferentes ($P > 0,05$) entre los tratamientos. Los corderos únicos alcanzaron la pubertad antes ($P = 0,06$) que los mellizos. La esquila preparto no afectó el recuento de huevos y el índice de Famacha. El estudio concluye que la esquila de ovejas a los 50 días de gestación influye positivamente en el peso corporal de la descendencia masculina desde el destete en adelante pero no afectó el resto de los parámetros evaluados.

Palabras clave: esquila temprana, crecimiento, reproducción, inmunidad, corderos

ABSTRACT

This study evaluated the effects of shearing at 50 days of gestation on the productive, reproductive and response to a gastrointestinal parasite challenge of male offspring from weaning (104 d) to 18 months old. In total, 79 Polwarth male lambs were used, 44 single (S) and 35 twin (T) born to ewes either shorn at 50 days of pregnancy (PS, n = 41) or shorn at 62 days post-partum (U, control, n = 38) resulting in four sub-groups: SPS: single male lambs born to ewes shorn at 50 days of pregnancy (n = 23), SU: single male lambs born to postpartum

125

¹ Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay;

² Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, Brazil;

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

⁴ Programa Nacional de Investigación en Producción de Carne y Lana, INIA La Estanzuela, Uruguay.

shorn ewes ($n = 21$), TPS: twin males lambs born to ewes shorn at 50 days of pregnancy ($n = 18$) or TU: twin female lambs born to postpartum shorn ewes ($n = 17$). The lambs were kept together on improved pasture throughout the entire experiment. Body weight, body condition score and fecal eggs count were recorded every 14 days from weaning to 18 months old. Ultrasound measurements in vivo were performed at 12.5 months and 14.6 months old to estimate of ribeye area (REA) and backfat thickness (BFT) in the *Longissimus dorsi* muscle and the thickness of fat in the hip region (P8). Furthermore, plasma testosterone concentration was determined once every two weeks to establish the age at onset of puberty. PS male lambs were heavier ($P = 0.02$) than U male lambs. Shearing treatment had no effect on none of the parameters of body development ($P > 0.05$). However, REA ($P = 0.06$) and P8 ($P = 0.02$) were higher at 14.6 mo than 12.5 mo old. Testosterone concentration, age at puberty and testicular weight were not different ($P > 0.05$) among treatments. Single male lambs reached puberty earlier ($P = 0.06$) than twin. Prepartum shearing did not affect the parasite egg count and the Famacha index. The study concludes that ewe shearing at 50 days of gestation positively influences the bodyweight of male offspring from weaning onwards but not the other evaluated traits.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción ovina orientados a la producción de carne de cordero de calidad, el éxito productivo y económico, está estrechamente relacionado con la precocidad sexual, fertilidad y prolificidad de ovejas y carneros y con la supervivencia de los corderos después del nacimiento. La mayor supervivencia de los corderos se ha asociado con un mayor peso vivo y vigor al nacimiento, y con una mejor nutrición en el útero en respuesta a la esquila temprano y a mitad de la gestación (Banchero et al., 2010).

Una gran cantidad de trabajos científicos de esquila de ovejas en pastoreo durante la mitad de la gestación (días 70-90) han mostrado una mejora consistente en el peso al nacer

de los corderos, y en el número de corderos que sobreviven después del destete (Kenyon et al., 2003). La mayor tasa de destete se ha relacionado con el mayor peso vivo al nacer y vigor de los corderos en la primera hora después del nacimiento (Banchero et al., 2010), así como, con una mayor producción de leche por las ovejas (Cam y Kuram, 2004).

La esquila en el primer tercio de la gestación también mostró un efecto positivo sobre el peso al nacimiento y al destete de los corderos (Morris et al., 2000; Sphor et al., 2011). En un estudio reciente, López-Mazz et al. (2017) encontraron efectos similares sobre el peso vivo al parto y al destete, tanto en corderos nacidos únicos como mellizos cuyas madres fueron esquiladas a los 50 días de gestación. Asimismo, los corderos mellizos fueron más vigorosos, e intentaron y lograron mamar con éxito antes, en comparación con los corderos nacidos de ovejas esquiladas después del parto. Capper et al. (2006) relacionó el mayor vigor con un mayor duración de gestación, aunque López-Mazz et al. (2017) no observaron el mismo comportamiento en los corderos individuales, esto sugiere, la existencia de otros mecanismos que pueden afectar el vigor de los corderos al nacer, independientemente del aumento en la duración de la gestación. Por otra parte, Banchero et al. (2010), trabajando en condiciones de pastoreo concluyó, que el incremento en el vigor probablemente se deba a que los corderos tienen un mayor grado de madurez funcional de los sistemas del organismo al momento del nacimiento.

Hasta el momento, el objetivo en la mayoría de los trabajos de investigación relacionado con la esquila a mitad de gestación ha sido estudiar el período desde el nacimiento hasta el destete de los corderos (Kenyon et al., 2003). Sin embargo, no hay información sobre el efecto de la esquila en la gestación temprana, sobre el desempeño productivo y reproductivo de la descendencia desde el destete en adelante. Esto puede ser particularmente interesante, ya que, en ese momento, se sientan las bases celulares y moleculares de órganos y tejidos del feto

(organogénesis) (Heasman et al., 1999) y de la placenta en crecimiento (Kelly, 1992), lo cual puede conducir a variaciones en el suministro de nutrientes al feto (Reynolds y Redmer, 1995) y en consecuencia puede potencialmente influir en el desempeño futuro de los animales.

En la oveja, la placenta crece activamente en los primeros 80 días de gestación (Kelly, 1992). La placenta desempeña un papel central en mediar las influencias ambientales y maternas sobre el feto, regulando el crecimiento y el desarrollo fetal durante la gestación (Reynolds et al., 2010). Se ha reportado, que la nutrición y el estrés térmico ambiental debido a la esquila temprano y/o a mitad de gestación, pueden influir en el crecimiento y desarrollo placentario, y de esta manera afectar el peso vivo de los corderos al nacimiento (Black y Chestnutt, 1990; Kelly, 1992). Sin embargo, la esquila, ha tenido un efecto variable sobre el peso de la placenta, mientras Montossi et al. (2005) y Banchero et al. (2010) informaron de un aumento en el peso placentario, Revell et al. (2002) y Barbieri et al. (2018) no lo observaron. Por otra parte, Vonnahme (2012), sostiene que el mayor peso de los corderos al nacer se asociaría más con el desarrollo de lechos vasculares y con un aumento en el flujo sanguíneo uterino-fetal en etapas tempranas de la gestación, que con el peso de la placenta per se.

El crecimiento, la salud y el comportamiento reproductivo de los animales después del nacimiento, se ha relacionado con la trayectoria del crecimiento durante la vida fetal (Rhind et al., 2001; Cronjé, 2003; Greenwood et al., 2010). Existen evidencias, de que las condiciones del ambiente uterino, donde se desarrolla el embrión primero y el feto después podrían determinar el desempeño de los individuos durante su vida adulta (Nathanielsz, 2000). Esto revela la gran sensibilidad del feto y la placenta a la acción de señales ambientales y nutricionales y en consecuencia a posibles efectos adversos en la vida posterior.

Este proceso, por el cual estímulos de diferente tipo, magnitud y duración, aplicados en momentos críticos del desarrollo embrio-fetal producen efectos permanentes a largo plazo sobre la descendencia (Rhind et al., 2001) se conoce como programación del desarrollo fetal (Barker y Thornburg, 2013). Sin embargo, este cambio en la morfología y fisiología de órganos y tejidos no siempre implica una alteración en el peso vivo de los corderos al nacimiento. Bielli et al. (2002) observaron una reducción significativa en el número de células de Sertoli en corderos recién nacidos que fueron restringidos nutricionalmente durante su vida fetal, representando una evidencia clara de la existencia de programación de desarrollo fetal en el desarrollo de la función reproductiva.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la esquila a los 50 días de gestación sobre el crecimiento corporal, la edad a pubertad y el desarrollo testicular, así como la respuesta al desafío parasitario en los corderos desde el destete hasta los 18 meses de edad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre el otoño del 2012 y marzo del 2014, en la Unidad Experimental de Ovinos de INIA La Estanzuela Uruguay (latitud 34°19'57 "S, longitud 57°40'07" W). El experimento fue diseñado y ejecutado en acuerdo con las directivas experimentales del Comité de Experimentación Animal de la Universidad de la República (UDELAR) (Permiso número: 111400-000079-12).

Los corderos utilizados en el siguiente estudio siguieron un diseño experimental presentado con más detalle en López-Mazz et al. (2017). En resumen, se seleccionaron 155 ovejas Ideal de una misma majada, que fueron inseminadas artificialmente (IA) con semen fresco de tres carneros de la misma raza, entre el 15 de abril y el 3 de mayo (90,3% preñez final), previa sincronización de celos (2 dosis/11 días intervalo, 160 mg de Delprostenate, Lab. Universal, Montevideo, Uruguay).

En el día ≈ 40 de gestación por ultrasonografía se determinó preñez y carga fetal (ovejas gestando un cordero o mellizos) y en el día $50 \pm 0,5$ de gestación (máximo = 59 días y mínimo = 35 días), según el peso corporal (PC) y la escala de condición corporal (CC; escala de 1-5; Russel et al., 1969), la mitad de las ovejas gestando uno y dos corderos fueron esquiladas (7 de junio) usando un peine R13 que dejó un remanente de lana de 5 a 7 mm (de Barbieri et al., 2005), y asignadas a un diseño factorial 2×2 , que incluía esquila pre-parto a los $50 \pm 0,5$ días de gestación (PS, grupo de tratamiento) o esquila a los $62 \pm 0,6$ días post-parto (U, grupo de control), carga fetal (único (S) y mellizo (T)); resultando en los siguientes grupos experimentales: ovejas gestando un solo cordero con esquila a los 50 días de gestación (SPS, $n = 39$), ovejas gestando un solo cordero esquiladas post-parto (SU, $n = 40$), ovejas gestando mellizos con esquila a los 50 días de gestación (TPS, $n = 28$) y ovejas gestando mellizos con esquila post-parto (TU, $n = 33$). Los corderos machos nacidos de estas ovejas fueron usados en este estudio (ver sección Animales y diseño experimental). El peso corporal de los corderos al destete fue de $23,2 \pm 0,6$; $20,9 \pm 0,5$; $17,9 \pm 0,5$ y $17,3 \pm 0,5$ kg para SPS, SU, TPS y TU respectivamente.

Animales y diseño experimental

Los 79 corderos machos destetados (104 ± 7 días de edad, 26 de diciembre) fueron asignados a un diseño factorial 2×2 en los

siguientes subgrupos: corderos nacidos únicos de ovejas esquiladas a los 50 días de gestación (SPS, $n = 23$), corderos nacidos únicos de ovejas esquiladas posparto (SU, $n = 21$), corderos nacidos mellizos de ovejas esquiladas a los 50 días de gestación (TPS, $n = 18$) y corderos nacidos mellizos de ovejas esquiladas posparto (TU, $n = 17$).

Durante todo el período experimental (destete a los 18 meses de edad), los corderos pastorearon *ad libitum* sobre pasturas mejoradas con alfalfa (*Medicago sativa*) o una mezcla de trébol rojo (*Trifolium pretense*) y raigrás (*Lolium multiflorum*), con una oferta estimada de forraje del 6% del peso vivo en base seca (9,8 MJ de energía metabolizable (EM) / kg MS) y acceso permanente a agua de buena calidad (Cuadro1).

Peso corporal y condición corporal

Cada 14 días se registró el peso corporal (PC) (destete hasta los 18 meses de edad), y los datos se usaron para estimar la ganancia media diaria (GMD). La condición corporal (CC) se registró cada 14 días, desde 4,4 meses de edad hasta los 18 meses de edad. A los 12,6 meses y 14,5 meses de edad se estimó in vivo el área de ojo de bife (AOB) y espesor de grasa subcutánea (EGS) en el músculo *Longissimus dorsi* y el espesor de grasa en la cadera (PB) con un ecógrafo Aloka 500 (Aloka Co. Ltd., Tokio, Japón) y un transductor lineal de 12 MHz.

Cuadro 1. Análisis de la composición de la pastura ofrecida a las ovejas. Materia seca (MS), Proteína cruda (PC), Fibra detergente ácida (FDA), Fibra detergente neutra (FDN), Cenizas

Parámetros	2013			2014	
	Verano (4)	Otoño (4)	Invierno (3)	Primavera (2)	Verano (4)
MS (%)	96,9 – 97,5	96,9 – 97,5	96,8 – 97,0	96,1 – 96,6	88,1 – 89,0
PC (%)	11,5 – 25,7	17,3 – 32,8	10,7 – 27,6	13,3 – 14	15,3 – 15,8
FDA (%)	26,7 – 46,1	27,3 – 47,4	24,4 – 25,8	32,5 – 34	24,1 – 26,2
FDN (%)	40 – 62,7	40,3 – 70	40,3 – 45,2	54	41,1 – 45
CENIZAS (%)	8,2 – 10,6	9,4 – 14,6	7,2 – 11,3	11	7,8 – 8,2

Los valores representan el rango (máximo y mínimo) para cada una de las variables consideradas. Entre paréntesis, el número de muestras tomadas en cada estación

Variables reproductivas

Edad a la pubertad

Cada 14 días se colectaron muestras de sangre ($119 \pm 0,9$ d hasta los $258 \pm 0,9$ días de edad) para determinar la concentración plasmática de testosterona por RIA en fase sólida (Coat and Count, Diagnostic Products Corporation, Siemens, Los Angeles, USA) en el Laboratorio de Endocrinología de la Facultad de Agronomía (UDELAR). El límite de detección fue de $0,14$ nmol/L, y los coeficientes de variación intra e inter-ensayo fueron 10% y 10% en control bajo ($0,7$ nmol/L) y 15% y 13% en control alto ($27,3$ nmol/L). Dentro de la primera hora de obtenida, la sangre fue centrifugada (2.000 g/15 min) y el plasma almacenado y congelado a -20° C hasta el momento del análisis hormonal. El comienzo de la pubertad se definió como el primer aumento en la concentración plasmática de testosterona ≥ 1 ng/ml, que fue seguida por al menos dos valores iguales o mayores consecutivos (Kotsampasi et al., 2009).

Peso testicular

A los $382 \pm 1,4$ días de edad (12,7 meses), 24 corderos (SPS, $n = 6$; SU, $n = 6$; TPS, $n = 7$ y TU, $n = 5$) fueron castrados (4/10/2013) en la temporada no reproductiva (12h26/11h34', luz/oscuridad). En la temporada reproductiva (17/3/2014, 11h40' / 12h20', claro/oscuridad) otra muestra de 24 corderos, con similar cantidad de animales por tratamiento que en la estación no reproductiva fueron castrados a los $545,2 \pm 1,3$ días de edad (18,2 meses). Después de la castración, los testículos se examinaron macroscópicamente y luego se pesaron usando una balanza electrónica con precisión de $0,1$ g.

Recuento de huevos de parásitos gastrointestinales en la materia fecal (HPG, huevos/g materia fecal)

Cada 14 días (30 d post-destete y hasta los 18 meses de edad) se estimó la carga de parásitos gastrointestinales (PS, $n = 41$ y U, $n = 38$) a través del recuento de huevos de parásitos gastrointestinales por gramo de materia fecal (HPG) utilizando una precisión de 40 HPG (Laboratorio de Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria (UDELAR). Se utilizó un tratamiento antihelmíntico selectivo (sistema FAMACHA) para situaciones en las que la carga individual de parásitos podría comprometer la salud de los animales. Se calculó un índice de dosificación total (IDT = número total de dosificaciones antihelmínticas durante el período experimental dividido por el número total de animales experimentales) y un índice de Famacha (IF = número de dosis antihelmínticas selectivas dividido por el número total de corderos) a los efectos de estimar la respuesta inmunitaria de los animales al desafío parasitario.

Teniendo en cuenta, que la distribución de parásitos dentro de los individuos de una población no presenta una distribución normal, y en cambio, es común encontrar altas cargas de parásitos en pocos animales (Nari et al., FAO, 2003). Para el análisis de esta variable se consideraron solo los registros con conteos de huevos superiores a los 500 HPG. Recuentos de HPG más bajos, generalmente reflejan bajas cargas parasitarias o animales en un estado de resiliencia, que se considera que no comprometería el comportamiento productivo de los animales.

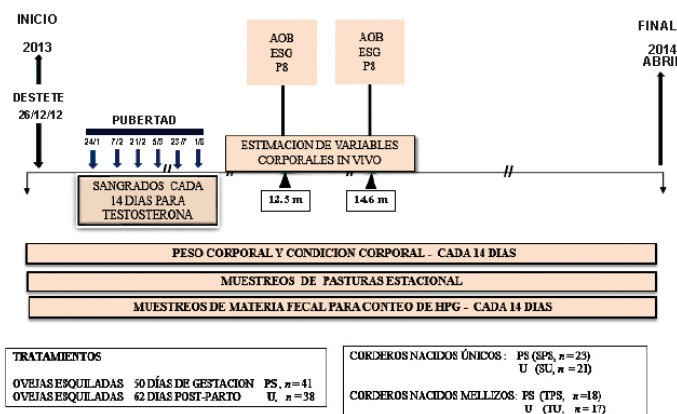


Figura 1. Protocolo experimental. Variables analizadas: peso corporal, condición corporal, concentración plasmática de testosterona, conteo de huevos de parásitos en materia fecal (HPG), área de ojo de bife (AOB), espesor de grasa subcutánea (EGS), espesor de grasa en la cadera (P8) y kg de materia seca por hectárea.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico SAS (SAS Institute Cary, NC, USA). Las variables de PC, CC, concentración plasmática de testosterona, los parámetros de desarrollo corporal in vivo (AOB, EGS, P8) y el conteo de HPG fueron analizados como medidas repetidas, utilizando el procedimiento MIXED. El modelo incluyó el tratamiento de esquila, el número de corderos (únicos versus gemelos) y sus interacciones como efectos fijos; con los corderos dentro de cada grupo como un efecto aleatorio. Los valores de IDT y IF se analizaron usando GLM con el procedimiento GENMOD, suponiendo una distribución multinomial. La edad en días a la pubertad y el peso testicular se analizaron por ANOVA con el procedimiento PROC MIXED. Se utilizó el test de Tukey para la separación de medias ($P < 0,05$), y las diferencias se consideraron significativas a $P \leq 0,05$ y una tendencia P de $\geq 0,05$ y $\leq 0,1$. Los valores se presentan como promedio $\pm$ error de la media (EEM).

RESULTADOS

La media del peso corporal para todo el período experimental de los corderos nacidos de ovejas esquiladas pre-parto (Día 50 de gestación) fue significativamente mayor ($P = 0,02$) que los nacidos de ovejas esquiladas post-parto ($34,6 \pm 0,7$ vs. $32,2 \pm 0,7$ kg, respectivamente). La GMD ($73 \pm 0,04$ g y $78 \pm 0,04$ g, PS y U) y la CC no fueron diferentes entre los corderos de ambos tratamientos.

El AOB y EGS del músculo *Longissimus dorsi* y el espesor de grasa en P8 no fueron afectados por el tratamiento de esquila y la carga fetal. Sin embargo, el valor de AOB ($8,0 \pm 0,2$ vs. $8,6 \pm 0,2$ cm²; $P = 0,06$) y el P8 ($2,1 \pm 0,08$ vs. $2,7 \pm 0,09$ mm, aumentaron a medida que los corderos aumentaron de edad (12,5 meses a 14,6 meses). El PC de los corderos también se incrementó con la edad, siendo mayor ($P < 0,001$) a los 14,5 meses respecto a los 12,5 meses.

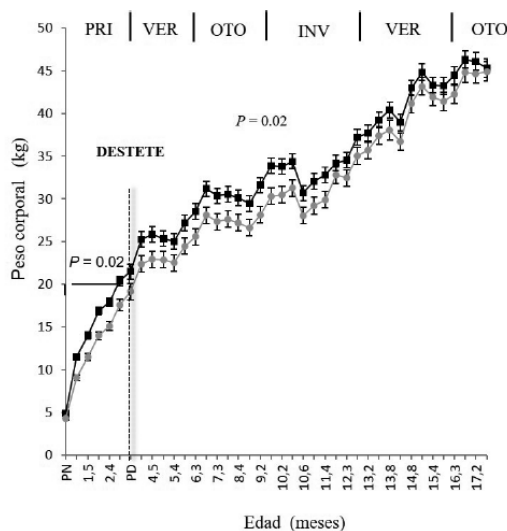


Figura 2. Evolución del peso corporal (media $\pm$ eem) desde el nacimiento hasta los 18 meses de edad, esquilados pre-parto: PS ($n = 41$, -■-) o post-parto: U ($n = 38$, -○-) PN = peso de nacimiento; PD = peso al destete

La edad a la pubertad no fue diferente entre tratamientos ($225 \pm 4,0$ vs. $225,1 \pm 4,8$ d, PS y U, $P > 0,05$, respectivamente). En cambio, los corderos nacidos de partos únicos alcanzaron la pubertad a edad más temprana que los mellizos ($219 \pm 4,3$ vs. $231,1 \pm 4,5$ días de edad; $P = 0,06$). Los corderos del grupo preparto alcanzaron la pubertad a un peso mayor ($P = 0,02$) que los corderos nacidos de ovejas esquiladas postparto ($30,5 \pm 0,8$ vs. $27,5 \pm 0,9$ kg).

La esquila preparto no afectó el desarrollo testicular de los carneros en ninguno de los dos momentos evaluados (temporada no reproductiva o reproductiva) como lo indica el peso de los testículos al momento de la castración.

Durante el período experimental no se detectaron diferencias en el conteo de HPG entre los corderos del grupo tratamiento y control. El conteo de HPG de los corderos mellizos fue significativamente superior ($P = 0,003$) al de los nacidos únicos ($4,93 \pm 0,1$

vs. $4,72 \pm 0,1$ respectivamente). Los HPG variaron ($P < 0,0001$) con el tiempo. El valor de IF y IDT no se vieron afectados por el tratamiento de esquila y la carga fetal.

DISCUSIÓN

En las condiciones en que se realizó este estudio, la esquila temprano en la gestación (día 50) incrementó significativamente el PC de los corderos a partir del destete y hasta los 18 meses de edad. Sin embargo, esta respuesta no estuvo acompañada por cambios en la GMD, en la CC y en las estimaciones de la composición de la canal para el AOB y EGS del músculo *Longissimus dorsi* y el P8.

El mayor peso vivo de los corderos durante los primeros 12 meses de vida, puede ser el resultado del efecto positivo sobre el peso al destete de los corderos como consecuencia de la esquila de sus madres a los 50 días de gestación (Lopez-Mazz et al., 2017). Si tenemos en cuenta que el crecimiento corporal se

basa en el proceso de crecimiento y desarrollo del músculo esquelético, el cual se inicia temprano en la vida fetal de los corderos (Du et al., 2010). Además, que la placenta durante la etapa de crecimiento puede cambiar su estructura y funcionamiento en respuesta a estímulos en el ambiente uterino (Sibley et al., 2010). La respuesta a largo plazo en el peso corporal de los corderos de las ovejas esquiladas temprano en la gestación puede suponer la existencia de un cambio en la programación fetal asociado al crecimiento corporal. En este sentido, hay evidencia que la restricción nutricional temprano en la gestación puede producir una reducción del número y del tipo de fibras musculares, afectando el tamaño muscular y el rendimiento futuro de los animales corderos (Du et al., 2010).

Por otro parte, los corderos nacidos de ovejas esquiladas después del parto no respondieron con un crecimiento compensatorio en respuesta al bajo peso corporal al destete, incluso cuando se les ofreció pasturas mejoradas *ad libitum* durante todo el período de estudio.

El incremento del peso corporal desde los 12,5 a los 14,6 meses de edad (13% y 15% para los corderos PS and U respectivamente) posiblemente sea responsable de la variación de los valores de AOB y el P8 en el mismo período de tiempo.

La esquila durante la gestación no afectó la edad a la pubertad de los corderos, ni el desarrollo testicular en los 18 meses de edad. Sin embargo, existe evidencia, de que los parámetros reproductivos son notablemente afectados por la desnutrición (Bielli et al., 2002), pero en este estudio, los niveles de nutrición podrían haber sido iguales para los grupos de tratamiento y control, postergando a las eventuales diferencias de la esquila temprano en la gestación.

CONCLUSIONES

La esquila en el día 50 de gestación tuvo un efecto positivo a largo plazo sobre el peso corporal de la progenie. Este mayor peso corporal podría ser el resultado del efecto previo de la esquila temprana sobre el peso al destete de los corderos, ya que la tasa de ganancia de peso vivo no fue diferente entre los tratamientos. De este modo, la esquila temprana puede ser una herramienta útil para los criadores de ovejas, ya que les va a permitir obtener corderos más pesados temprano en el invierno, y capitalizar los mejores precios de mercado.

BIBLIOGRAFÍA

- Banchero, G.; Vázquez, A.; Montossi, F.; De Barbieri, I.; Quintans, G.** 2010. Prepartum shearing of ewes under pastoral conditions improves the early vigour of both single and twin lambs. *Anim. Prod. Sci.* 50, 309-314. doi: 10.1071/AN09127
- Barker, D.J.P.; Thornburg, K.L.** 2013. Placental programming of chronic diseases, cancer and lifespan: A review. *Placenta* 34 (2013) 841e845. doi: org/10.1016/j.placenta.2013.07.063
- Bauer, M.K.; Harding, J.E.; Bassett, N.S.; Breier, B.H.; Oliver, M.H.; Gallaher, B.H.; Evans, P.C.; Woodall, S.M.; Gluckman, P.D.** 1998. Fetal growth and placental function. *Molecular and Cellular Endocrinology* 140, 115-120. doi:10.1016/s0303-7207(98)00039-2
- Bielli, A.; Pérez, R.; Pedrana, G.; Milton, J.T.B.; López, A.; Blackberry, M.A.; Duncombe, G.; Rodríguez-Martínez, H.; Martín, G.B.** 2002. Low maternal nutrition during pregnancy reduces the number of Sertoli cells in the newborn lamb. *Reprod. Fertil. Dev.* 14: 333-337. doi: 10.1071/RD02046

- Black, J.H.; Chestnut, D.M.B.** 1990. Influence of shearing regime and grass silage quality on the performance of pregnant ewes. *Animal Production* 51, 573-582. doi.org/10.1017/S0003356100012617
- Cam, M.A.; Kuran, M.** 2004. Shearing pregnant ewes to improve lamb birth weight increases milk yield of ewes and lamb weaning weight. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 17, 1669-1673. doi.org/10.5713/ajas.2004.1669
- Capper, J.L.; Wilkinson, R.G.; Pattinson, S.E.; Mackenzie, A.M.; Sinclair, L.A.** 2006. Polyunsaturated fatty acid supplementation during pregnancy alters neonatal behaviour in sheep. *The Journal of Nutrition* 136, 397-403. doi: 10.1017/S1751731107000067
- Cronjé, P.B.** 2003. Foetal programming of immune competence. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43, 1427-1430. doi.org/10.1071/EA03005
- Dalton, D.C.; Knight, T.W.; Johnson, D.L.** 1980. Lamb survival in sheep breeds on New Zealand hill country. *New Zealand Journal of Agric. Res.* 23, 167-173. doi.org/10.1080/00288233.1980.10430783
- De Barbieri, I.; Montossi, F.; Dighiero, A.; Martínez, H.; Nolla, M.; Luzardo, S.; Mederos, A.; Zamit, W.; Levratto, J.; Frugoni, J.; Lima, G.; Costales, J.** 2005. Alternativas de la esquila preparto temprana. Evaluación del impacto del tipo de peine. In 'Seminario de Actualización técnica: reproducción ovina. Recientes avances realizados por el INIA, Uruguay'. *Serie de actividades de Difusión* 401, 104-114. (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) Treinta y Tres y Tacuarembó: Tacuarembó, Uruguay).
- De Barbieri, I.; Montossi, F.; Viñoles, C.; Kenyon, P.R.** 2018. Time of shearing the ewe not only affects lamb live weight and survival at birth and weaning, but also ewe wool production and quality. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 61, 57-66. doi.org/10.1080/00288233.2017.1388825
- Du, M.; Tong, J.; Zhao, J.; Underwood, K.R.; Zhu, M.; Ford, S.P.; Nathanielsz, P.W.** 2010. Fetal programming of skeletal muscle development in Ruminant animals1. *Journal of Animal Science*, 88(suppl_13), E51-E60. doi:10.2527/jas.2009-2311
- Ehrhardt, R.A.; BELL, A.W.** 1995. Growth and metabolism of the ovine placenta during mid-gestation. *Placenta* 16, 727-741. doi.org/10.1016/0143-4004(95)90016-0
- Greenwood, P.L.; Thompson, A.; Ford, S.P.** 2010. Postnatal consequences of the maternal environment and growth during prenatal life for productivity of Ruminants. In *Managing the prenatal environment to enhance livestock productivity* (eds. PL Greenwood, A.W Bell, PE Vercoe and GJ Viljoen), pp. 3-36. Springer Science Business Media, Dordrecht, Netherlands.
- Heasman, L.; Clarke, L.; Stephenson, T.J.; Symonds, M.E.** 1999. The influence of maternal nutrient restriction in early to mid-gestation on placental and fetal development in sheep. *Proceedings of the Nutrition Society* 58, 283-288. doi: 10.1017/s0029665199000397
- Kelly, R.W.** 1992. Nutrition and placental development. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia* 17, 203-211.
- Kenyon, P.R.; Morris, S.T.; Revell, D.K.; McCutcheon, S.N.** 2003. Shearing during pregnancy - review of a policy to increase birth-weight and survival of lambs in New Zealand pastoral farming systems. *New Zealand Veterinary Journal* 51, 200-207. doi.org/10.1080/00480169.2003.36368

- Kotsampasi, B.; Chadio, S.; Papadomichelakis, G.; Deligeorgis, S.; Kaliogiannis, D.; Menegatos, I.; Zervas, G.** 2009. Effects of maternal undernutrition on the hypothalamic-pituitary-gonadal axis function in female sheep offspring. *Reproduction in Domestic Animals* 44, 677-684. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2007.01046.x>
- López-Mazz, C.; Baldi, F.; Quintans, G.; Banchero, G.** 2017. Shearing ewes in the first third of gestation improves offspring performance. *Anim. Prod. Sci.* 58, 1908-1914. doi:10.1071/AN16461
- Montossi, F.; De Barbieri, I.; Digiero, A.; Martínez, H.; Nolla, M.; Luzardo, S.; Mederos, A.; San Julian, R.; Zamit, R.; Levratto, W.; Frugoni, J.; Lima, G.; Costales, J.** 2005. La esquila preparto temprana: una nueva opción para la mejora reproductiva ovina. In 'Seminario de Actualización técnica: reproducción ovina. Recientes avances realizados por el INIA, Uruguay'. *Serie de actividades de Difusión* 401, 85-103. (National Institute of Agricultural Research (INIA): Treinta y Tres y Tacuarembó: Tacuarembó, Uruguay).
- Morris, S.T.; McCutcheon, S.N.; Revell, D.K.** 2000. Birth weight responses to shearing ewes in early to mid gestation. *Anim. Sci.* 70, 363-369. doi:10.1017/S1357729800054825
- Nari, A.; Eddi, C.; Martins, J.R.; Benavides, E.** 2003. Resistencia a los Antiparasitarios: Estado actual con énfasis en América Latina. *Estudio FAO Producción y Sanidad Animal* 157. FAO, Rome, Italy, pp.16.
- Nathanielsz, P.** 2000. Fetal Programming: How the Quality of Fetal Life Alters Biology for a Lifetime. *NeoReviews*, 1(7), 126e-131. doi:10.1542/neo.1-7-e126
- Nowak, R.; Pascal, P.** 2006. From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. doi: 10.1051/rnd:2006023
- Reprod. Nut. Develop.** 46, 431-446. doi: 10.1051/rnd:2006023
- Revell, D.K.; Morris, S.T.; Cottam, Y.H.; Hanna, J.E.; Thomas, D.G.; Brown, S.; McCutcheon, S.N.** 2002. Shearing ewes at mid-pregnancy is associated with changes in fetal growth and development. *Australian Journal of Agricultural Research* 53, 697-705. doi: 10.1071/AR01140
- Reynolds, L.P.; Borowicz, P.P.; Caton, J.S.; Vonnahme, K.A.; Luther, J.S.; Hammer, C.J.; Maddock Carlin, K.R.; Grazul-Bilska, A.T.; Redmer, D.A.** 2010. Developmental programming: The concept, large animal models, and the key role of uteroplacental vascular development. *Journal Animal Science* 88 (E. Suppl.) E61-E72. doi: 10.2527/jas.2009-2359.
- Reynolds, L.P.; Redmer, D.A.** 1995. Utero-placental vascular development and placental function. *Journal of Animal Science* 73, 1839-1851. doi: 10.2527/1995.7361839x
- Rhind, S.M.; Rae, M.T.; Brooks, A.N.** 2001. Effects of nutrition and environmental factors on the foetal programming of the reproductive axis. *Reproduction* 122(2):205-14.
- Sibley, C.P.; Brownbill, P.; Dilworth, M.; Glazier, J.D.** 2010. Review: Adaptation in placental nutrient supply to meet fetal growth demand: Implications for programming. *Placenta* 31, S70-S74. doi:10.1016/j.placenta.2009.12.020
- Sphor, L.; Banchero, G.; Correa, G.; Osorio, M.T.M.; Quintans, G.** 2011. Early prepartum shearing increases milk production of wool sheep and the weight of the lambs at birth and weaning. *Small Ruminant Research* 99, 44-47. doi:10.1016/j.smallrumres.2011.03.007
- Vonnahme, K.; Lemley, C.O.; Shukla, P.; Rourke, S.T.O.** 2013. Placental programming: How the maternal environment can impact placental function. *Journal of Animal Science*. 91, 2467-2480. doi: 10.2527/jas.2012-5929

6.4. LÓPEZ-MAZZ C, BALDI F, QUINTANS G, KENYON PR, CORREA O, REGUEIRO M, ÁLVAREZ-OXILEY A, BANCHERO G. 2019. Efecto sobre el comportamiento productivo, reproductivo y la respuesta al desafío parasitario en corderas cuyas madres fueron esquiladas a los 50 días de gestación. 2019. En: Primer Seminario Técnico de PROGRAMACIÓN FETAL. Serie Técnica 252, 99-109. Editores: Graciela Quintans y María Lewdiukow, Montevideo (UY): INIA. doi.org.10.10.35676/INIA/ST.252

EFFECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, REPRODUCTIVO Y LA RESPUESTA AL DESAFÍO PARASITARIO EN CORDERAS CUYAS MADRES FUERON ESQUILADAS A LOS 50 DÍAS DE GESTACIÓN

C. López-Mazz¹, F. Baldi², G. Quintans³, P.R. Kenyon⁴, O. Correa⁵, M. Regueiro¹, A. Álvarez-Oxiley¹, G.E. Banchero⁶

RESUMEN

Este estudio evaluó el efecto de la esquila de ovejas a los 50 días de gestación en el crecimiento, el comportamiento reproductivo y la respuesta a un desafío de parásito gastrointestinal en la descendencia (corderas) desde el destete (104 días) hasta los 18 meses de edad. Se usaron cincuenta y siete corderas Ideal (Polwarth), 22 nacidas como únicas (S) y 35 nacidas como mellizas (T) de ovejas esquiladas a los 50 días de gestación (PS, n = 23) o esquiladas a los 62 días después del parto (U, Control, n = 34) dando como resultado 4 subgrupos: SPS: corderas únicas nacidas de ovejas esquiladas a los 50 días de gestación (n = 8), SU: corderas únicas nacidas de ovejas esquiladas postparto (n = 14), TPS: corderas mellizas nacidas de ovejas esquiladas a los 50 días de gestación (n = 15) TU: corderas mellizas nacidas de ovejas esquiladas postparto (n = 20). Todas las corderas se manejaron en conjunto sobre pasturas mejoradas con una asignación mínima de forraje de 6% de peso vivo en base a materia seca. El peso corporal, la condición corporal (CC) y el recuento de huevos de parásitos en heces se registraron cada 14 días desde el destete hasta los 18 meses de edad. Las concentraciones de progesterona se midieron semanalmente (de los 4 a los 10 meses de edad y de los 14 a los 18 meses de edad) para establecer el inicio de la pubertad. Se registró la tasa ovulatoria ($545 \pm 1,0$ d de edad). La esquila antes del parto no afectó la edad en la pubertad o la tasa ovulatoria, pero las corderas nacidas únicas

fueron más precoces ($P = 0,03$) y más pesadas ($P = 0,02$) en la pubertad que las corderas mellizas. Tanto el valor promedio del recuento de huevos de parásitos ($P = 0,07$) como el índice de Famacha ($P = 0,02$) para todo el período de estudio fueron más bajos en corderas nacidas de ovejas esquiladas antes del parto que las nacidas de ovejas esquiladas después del parto. En conclusión, la esquila a los 50 días de gestación no afectó el crecimiento o el comportamiento reproductivo de la descendencia. Sin embargo, las corderas hembras nacidas de ovejas esquiladas durante la gestación mostraron una mejor respuesta al desafío parasitario, pero se requiere más investigación para confirmarlo.

Palabras clave: esquila temprano, crecimiento, reproducción, inmunidad, corderas

ABSTRACT

This study evaluated the effect of shearing ewes at 50 day of gestation on the growth, reproductive behavior and response to a gastrointestinal parasite challenge in the female offspring from weaning (104 d) to 18 months old. Fifty-seven Polwarth female lambs were used, 22 single (S) and 35 twin (T) born to ewes either shorn at 50 days of pregnancy (PS, n = 23) or shorn at 62 days post-partum (U, control, n = 34) resulting in four sub-groups: SPS: single female lambs born to ewes shorn at 50 days of pregnancy (n = 8), SU: single female lambs born to ewes shorn postpartum (n = 14), TPS: twin

¹ Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay;

² Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, Brazil;

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

⁴ Sheep Research Centre, Institute of Veterinary, Animal and Biomedical Sciences, Massey University, Palmerston North, New Zealand;

⁵ Departamento de Parasitología Veterinaria, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay;

⁶ Programa Nacional de Investigación en Producción de Carne y Lana, INIA La Estanzuela, Uruguay.

females lambs born to ewes shorn at 50 days of pregnancy ($n = 15$) or TU: twin female lambs born to ewes shorn postpartum ($n = 20$). All progeny was managed together under improved pasture with a minimum forage allowance of 6% live weight on dry matter basis. Body weight, body condition score (BCS) and fecal eggs count was recorded every 14 d from weaning to 18 months of age. Concentrations of progesterone were measured weekly (from 4 to 10 months of age and from 14 to 18 months of age) to establish the onset of puberty. Ovulation rate (545 ± 1.0 d old) was recorded. Prepartum shearing did not affect the age at puberty or the ovulation rate, but those female lambs born as singles were more precocious ($P = 0.03$) and heavier ($P = 0.02$) at puberty than twin born female lambs. Both the average value of parasite egg count ($P = 0.07$) and the Famacha index ($P = 0.02$) for the entire study period were lower in female lambs born to prepartum shorn ewes than those born to postpartum shorn ewes. In conclusion, shearing at 50 days of gestation did not affect the growth or the reproductive behavior of female offspring. However, female lambs born from ewe shorn during gestation showed a better response to the parasite challenge, but further research is required to confirm this.

INTRODUCCIÓN

La esquila previa al parto es una herramienta de manejo ampliamente difundida entre los criadores de ovejas y ha sido asociada con interesantes mejoras en la eficiencia reproductiva y en el desempeño productivo de las ovejas (Montossi et al., 2005). Sin embargo, la magnitud del incremento del peso vivo en los corderos y la especificidad en el tipo de parto (corderos nacidos únicos o mellizos) varía según los días de gestación y el estado de desarrollo que presenta la unidad feto-placentaria al momento de realizar la esquila (Kenyon et al., 2003).

Muchos de los trabajos de investigación nacional (Banchero et al., 2010; Sphor et al., 2011; De Barbieri et al., 2018) e internacio-

nal (Smeaton et al., 2000; Morris et al., 2000; Kenyon et al., 2003) han reportado beneficios de la esquila preparto realizada a mitad de gestación (70-90 días post-servicio) sobre el peso vivo y supervivencia al nacimiento y destete. La mayor tasa de destete se ha relacionado con el peso vivo al nacimiento (Kenyon et al., 2003), consumo de calostro y vigor de los corderos recién nacidos (Banchero et al., 2009; 2010), aunque, no se descarta que existan otros factores que afecten la supervivencia de los corderos en respuesta a este manejo.

A su vez, la esquila realizada en el primer tercio de la gestación también mejoró el peso vivo de los corderos al nacimiento y al destete (Morris et al., 2000; Sphor et al., 2011). Del mismo modo y más recientemente, López-Mazz et al. (2017) reportaron que los corderos únicos y mellizos cuyas madres fueron esquiladas a los 50 días de gestación fueron más pesados al nacimiento y al destete, que los corderos nacidos de ovejas esquiladas después del parto. Asimismo, los corderos mostraron un mayor vigor al nacimiento al intentar y lograr mamar más rápidamente que los corderos nacidos de ovejas esquiladas después del parto. Ese mayor vigor en la primera hora de vida ha sido relacionado con una mayor duración de la gestación y, con órganos y tejidos fetales que al momento del parto presentan un grado de madurez tal que le permita adaptarse rápidamente a la vida extrauterina (Banchero et al., 2010).

La mayoría de los trabajos de esquila a mitad de la preñez, han estudiado principalmente los efectos a corto plazo, desde el nacimiento hasta el momento del destete de los corderos (Kenyon et al., 2003). De este modo, no hay información sobre los posibles efectos de la esquila temprano en la gestación sobre el crecimiento y desarrollo y el comportamiento productivo en la vida adulta de los animales. Esto podría ser de mucho interés ya que la esquila en el primer tercio de la gestación coincide con el momento donde se está dando el proceso de organogénesis fetal (Hyttel et al., 2010), y crecimiento activo de la placenta (Kelly, 1992). La esquila

en gestación temprana resulta en cambios metabólicos y hormonales (Symonds et al., 1986; Sherlock et al., 2003) debido al estrés por frío una vez que se retira el vellón a la oveja (Corner et al., 2010). De esta manera, la partición de nutrientes entre la madre y el feto cambia a favor del feto (Thompson et al., 1982), aumenta la nutrición útero-fetal (Reynolds y Redmer, 1995), todo lo cual puede influir positivamente en la programación del desarrollo fetal respecto a los corderos nacidos de ovejas sin esquilas en ese momento.

Estudios previos han informado que una nutrición deficiente en los dos primeros tercios de la gestación puede afectar el crecimiento y el desarrollo corporal (Gluckman y Hanson, 2004; Greenwood et al., 2010), la salud (Cronjé, 2003) y el desarrollo de los órganos reproductivos y la función reproductiva en la vida adulta de hembras (Rae et al., 2002; Ashworth et al., 2005).

En las ovejas, el período de máximo crecimiento placentario ocurre entre los 30 y 80 días de gestación, quedando a los 40 días preñez establecido de manera definitiva el número final de placentomas (Kelly, 1992). En este momento, hay un marcado aumento en la vascularización de la placenta (Grazul-Bilska et al., 2011) y, en consecuencia, un aumento del flujo sanguíneo uterino placentario (Reynolds et al., 2010). Estos cambios ayudan a proporcionar un mayor nivel de sustrato energético (Reynolds y Redmer, 1995) que puede influir en el crecimiento y el desarrollo del feto, lo que, a su vez, podría tener implicaciones para el rendimiento a largo plazo de la descendencia.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la esquila a los 50 días de gestación sobre el desempeño productivo y reproductivo de las corderas, desde el destete hasta los 18 meses de edad. Además, examinar los efectos de la esquila temprana sobre el conteo de huevos de parásitos gastrointestinales en la materia fecal como un indicador indirecto de la carga parasitaria de la descendencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre diciembre del 2012 y marzo del 2014, en la Unidad Experimental de Ovinos del INIA La Estanzuela Uruguay (latitud 34°19'57" S, longitud 57°40'07" W). El experimento fue diseñado y ejecutado en acuerdo con las directivas experimentales del Comité de Experimentación Animal de la Universidad de la República (UDELAR) (Permiso número: 111400-000079-12). Las corderas que se usaron en este estudio siguieron un diseño experimental presentado con más detalle en López-Mazz et al. (2017).

En resumen, 155 ovejas de raza Ideal (tipo lanero) fueron seleccionadas de una única majada (PC, 46,4 ± 0,7 kg y CC, 2,0 ± 0,03 escala de 0-5; Russel et al., 1969), y el celo sincronizado con 2 dosis de 160 mg de Delprostenate (Glandinex, Universal Laboratorio, Montevideo, Uruguay) con 11 días de diferencia y posteriormente inseminadas artificialmente (otoño), entre el 15 de abril y el 3 de mayo (90,3% preñez final). En el día ≈ 40 de gestación, las ovejas fueron revisadas por ecografía para determinar preñez y carga fetal y en el día 50 ± 0,5 de gestación la mitad de las ovejas (gestando un cordero y mellizos) fueron esquiladas (7 de junio, fin otoño) usando un peine de cobertura, con un remanente de lana mínimo de 7 mm (de Barbieri et al., 2005). Las ovejas fueron asignadas según el peso y condición corporal a un diseño factorial de 2 por 2, que incluía el tiempo de esquila (preparto (PS, 50 ± 0,5 de gestación) y posparto (U, 62 ± 0,6 días)) y carga fetal (único (S) y mellizo (T)) dando como resultado los siguientes tratamientos: ovejas gestando un solo cordero esquiladas a los 50 días de gestación (SPS), ovejas gestando un solo cordero esquiladas después del parto (SU), ovejas gestando mellizos esquiladas a los 50 días de gestación (TPS) y ovejas gestando mellizos esquiladas después del parto (TU). Las corderas nacidas de estas ovejas fueron usadas en este estudio. El peso corporal de las corderas al destete fue de 21,2 ± 5,1; 20,6 ± 2,9; 16,1 ± 2,9 y 16,6 ± 4,0 kg para SPS, SU, TPS y TU respectivamente.

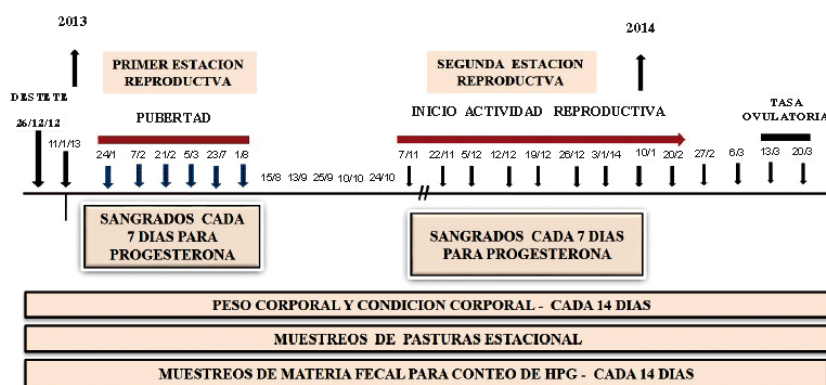


Figura 1. Protocolo experimental. Variables analizadas: peso corporal, condición corporal, concentración plasmática de progesterona, conteo de huevos de parásitos en materia fecal (HPG), muestreos de pasturas

Animales y diseño experimental

El experimento comenzó en el momento del destete de las corderas (104 ± 7 días) y se extendió hasta los 18 meses de edad. Se usaron 57 corderas pertenecientes a los siguientes grupos experimentales: (i) corderas nacidas de partos únicos de ovejas esquiladas a los 50 días de gestación (SPS, $n = 8$), (ii) corderas nacidas de parto único de ovejas esquiladas posparto (SU, $n = 14$), (iii) corderas nacidas de partos dobles esquiladas a los 50 días de gestación (TPS, $n = 15$) y (iv) corderas nacidas de partos dobles esquiladas posparto (TU, $n = 20$).

Las corderas fueron manejadas como una sola majada y pastorearon *ad libitum* sobre pasturas mejoradas de alfalfa (*Medicago sativa*) o una mezcla de trébol rojo (*Trifolium pratense*) y raigrás (*Lolium multiflorum*) con un mínimo de oferta de forraje del 6% del peso vivo (9.8 MJ de energía metabolizable (EM)/kg de materia seca (MS), con acceso permanente a agua de buena calidad (ver cuadro 1 en el trabajo de los corderos).

Peso corporal y escala de condición corporal

Cada 14 días se registró el peso corporal (PC) desde el destete y hasta los 18 meses de edad y los datos se usaron para estimar la ganancia media diaria (GMD). La condición corporal (CC) se registró cada 14 días, desde 4,4 meses de edad (escala de 1-5; Russel et al., 1969) hasta los 18 meses de edad.

Variables reproductivas

Edad al comienzo de la pubertad

A partir de los 4,4 meses de edad se tomaron muestras de sangre semanalmente ($132 \pm 1,0$ hasta los $321 \pm 7,5$ días de edad) para determinar las concentraciones de progesterona en plasma y el inicio de la pubertad (~ 4 a 10 meses de edad).

La sangre se colectó por venopunción yugular, se centrifugó (2,000 g/15 min) a temperatura de laboratorio dentro de la primera hora de la recolección y el plasma se congeló a -20°C hasta el análisis hormonal (Laboratorio de Endocrinología en la Facultad de Agronomía, UDELAR). La concentración de progesterona

se determinó por radioinmunoensayo (RIA) en fase sólida (Coat and Count, Diagnostic Products Co, Siemens, Estados Unidos). El límite de detección fue de 0,02 ng/mL, y el coeficiente de variación intra e inter-ensayo para el inicio de la pubertad fue de 10% y 8,5% en control bajo (0,6 ng/mL) y 11% y 7,8% en el control alto (7,7 ng/mL). El inicio de la pubertad endócrina se determinó como el primer aumento en la concentración de progesterona en plasma ≥ 1 ng/mL, seguido de al menos dos valores consecutivos mayores o iguales a 0,6 ng/mL (Kotsampasi et al., 2009). Adicionalmente, se confirmó el inicio de la actividad ovárica por ultrasonografía transrectal por la presencia de estructuras lúteales en la superficie del ovario.

Actividad ovárica (AO) en la segunda estación reproductiva

A partir de noviembre (7 de noviembre, 416 días de edad en promedio) y hasta el mes de febrero (20 de febrero, 490 días de edad), se tomaron muestras de sangre a intervalos semanales para determinar la concentración de progesterona en plasma y establecer el comienzo de la actividad ovárica de las corderas en la siguiente estación reproductiva (ver: protocolo experimental)

Tasa ovulatoria (TO)

La TO se determinó al inicio del otoño (18 meses de edad, 17 de marzo de 2014) por ultrasonografía transrectal con un escáner en modo B (Aloka 500 con una sonda lineal de 7,5 MHz, Tokyo, Japan). El estro se detectó con carneros vasectomizados (relación luz-oscuridad 12h 23/11h 37) y la TO se estimó contando el número de cuerpos lúteos 6 a 7 días después de la segunda inyección de prostaglandina F2 α (160 mg Delprostenate, Glandinex, Lab. Universal Uruguay).

Recuento de huevos por gramo de parásitos gastrointestinales (FEC, huevos/ g de materia fecal)

Cada 14 días (desde 30 d post-parto y hasta los 18 meses de edad) se determinó la carga de parásitos gastrointestinales a una muestra de las corderas experimentales (PS, n = 23 y U, n = 34) a través del recuento de huevos por gramo (HPG) de materia fecal (MF), utilizando una precisión de 40 HPG (Lab. de Parasitología de la Facultad de Veterinaria, UDELAR). Se utilizó un tratamiento antihelmíntico selectivo (sistema FAMACHA) en aquellos casos en que la carga individual de parásitos podría comprometer la salud de los animales. Se calculó un índice de dosificación total (IDT = número total de dosificaciones antihelmínticas durante el período experimental dividido por el número total de animales), y un índice de Famacha (IF = número de dosis antihelmínticas selectivas dividido por el número total de corderos) a los efectos de estimar la respuesta inmunitaria de los animales a el desafío parasitario.

Estudios cuantitativos de la infestación por parásitos gastrointestinales en rumiantes han permitido establecer que la distribución de la carga parasitaria dentro de los individuos de una misma población no presenta una distribución normal, y en cambio, es común encontrar altas cargas de parásitos en pocos animales (Nari et al., 2003), por este motivo para el análisis de esta variable se consideraron solo los registros con conteos de huevos superiores a los 500 HPG. Recuentos de HPG inferiores a este valor, generalmente indican bajas cargas parasitarias o animales en un estado de resiliencia, que se considera que no se vería comprometido el comportamiento productivo de los animales (Ueno and Goncalves, 1998).

Cuadro 1. Media $\pm$ (eem) del peso corporal, escala de condición corporal, transformación logarítmica de la cantidad de huevos por gramo de parásitos gastrointestinales en la materia fecal, índice de famacha (IF) e índice de dosificación total (IDT), en las corderas nacidas de ovejas esquiladas pre-parto y esquiladas post-parto.

Parámetros	Esquila Preparto (50 d)	Esquila Postparto (62 d)
Número de corderos	23	34
Peso corporal (kg)	31,1 $\pm$ 0,8	30,7 $\pm$ 0,7
Condición corporal (unidades)	2,0 $\pm$ 0,02	1,9 $\pm$ 0,02
Conteo de huevos log10 (HPG)	3,27 $\pm$ 0,09 ^b	3,34 $\pm$ 0,06 ^a
Número de muestras	104	151
Índice de Famacha (IF)	0,87 ^b	2,14 ^a
Índice de dosificación total (IDT)	4,5 $\pm$ 0,17	5,0 $\pm$ 0,12

Cuadro 2. Edad a la pubertad, cantidad de corderas que alcanzaron la pubertad (%), cantidad de corderas que mostraron actividad ovárica en la segunda temporada de reproducción (%), edad al comienzo de la actividad ovárica en la segunda estación reproductiva y tasa ovulatoria (TO, número total de cuerpos lúteos (CL) en relación con el número total de corderas que exhiben celo).

Parámetros	Esquila Preparto (50 d)	Esquila Postparto (62 d)
Número de corderos	23	34
Edad a la pubertad (días)	196,8 $\pm$ 5,6	196,6 $\pm$ 4,4
Pubertad (%)	65,2 % (15/23)	62,8 % (23/34)
Actividad ovárica (%)	100 % (23/23)	100 % (34/34)
2 ^{da} "estación reproductiva"		
Edad (días)	312,9 $\pm$ 10,2	314,5 $\pm$ 8,2
TO (número de cuerpos lúteos (CL))	1,33 $\pm$ 0,07 (65/49)	1,36 $\pm$ 0,06 (91/67)

Análisis estadístico

Las variables de PC, CC, concentración plasmática de testosterona, los parámetros de desarrollo corporal in vivo (AOB, EGS, P8) y el conteo de HPG se analizaron utilizando un diseño de medidas repetidas utilizando los procedimientos MIXED de SAS. Previo al análisis, los valores de conteo de huevos por gramo se sometieron a transformación logarítmica ($\log_{10}(x+1)$) para homogenizar las varianzas. El modelo incluyó el tratamiento de esquila, el número de corderos (únicos versus mellizos) y sus interacciones como efectos fijos; con los corderos dentro

de cada grupo como un efecto aleatorio. Los valores de IDT y IF se analizaron usando GLM con el procedimiento GENMOD, suponiendo una distribución multinomial. La edad en días a la pubertad se analizó por ANOVA con el procedimiento PROC MIXED. Los datos de la tasa ovulatoria se analizaron con un modelo no lineal asumiendo una distribución binomial de la variable utilizando el procedimiento GENMOD. Se utilizó el test de Tukey para la separación de medias ($P < 0,05$), y las diferencias se consideraron significativas a $P \leq 0,05$ y una tendencia P de $\geq 0,05$ y $\leq 0,1$. Los valores se presentan como media $\pm$ error de la media (EEM).

RESULTADOS

Peso corporal y condición corporal

Durante el período experimental el tratamiento de esquila no afectó el PC y la CC de las corderas (Cuadro 1).

Variables reproductivas

El número de corderas que alcanzaron la pubertad en su primer otoño de vida y la edad a la que lo hicieron no fue afectado ni por el tratamiento de esquila ni por la carga fetal (Cuadro 2). El PC a la pubertad fue mayor ($P = 0,02$) en las corderas nacidas de ovejas esquiladas pre-parto temprano, que las de ovejas esquiladas post-parto ($29,0 \pm 0,5$ vs. $27,9 \pm 0,6$ kg, PS y U, respectivamente). El PC de las corderas nacidas de partos únicos fue mayor a la pubertad ($29,1 \pm 0,8$ vs. $27,7 \pm 0,6$ kg; $P = 0,02$) y alcanzaron la pubertad a edad más temprana ($P = 0,03$; $188,6 \pm 5,5$ vs. $204,7 \pm 0,6$ días) que sus contrapartes, las corderas mellizas.

Diecinueve de las 57 corderas estudiadas (33%) no alcanzaron la pubertad en el primer otoño de vida. Ocho (34,7%) de las 23 corderas cuyas madres fueron esquiladas pre-parto (partos únicos = 2 y mellizos = 6) y 11 (32%) de las 34 corderas cuyas madres fueron esquiladas después del parto (partos únicos = 4 y mellizos = 7), no presentaron actividad ovárica en su primer año de vida. Todas las corderas presentaron actividad ovárica en la segunda estación reproductiva de su vida. Las corderas mellizas fueron más precoces en el siguiente otoño ($297,7 \pm 8,5$ vs. $329,1 \pm 10,2$ días de edad, $P = 0,02$) y con un PC más bajo ($38,3 \pm 1,1$ y $41,3 \pm 1,3$ kg, $P = 0,10$) que las nacidas como únicas (Cuadro 2).

La TO no fue diferente entre las corderas de los diferentes tratamientos (Cuadro 2)

Recuento de huevos por gramo de parásitos gastrointestinales

El recuento de HPG en la MF presentó una tendencia a ser menor ($P = 0,07$) en las cor-

deras de esquila pre-parto que en las de esquila post-parto (Cuadro 1). Durante el período experimental no se detectaron diferencias en los HPG de progenie nacidas únicas y mellizas. Sin embargo, el conteo de HPG fue afectado significativamente por el tiempo de evaluación ($P < 0,0001$). El IF fue significativamente más alto en las corderas únicas de esquila posparto ($P = 0,03$, Cuadro 1) que las de esquila preparto ($0,5 \pm 0,2$ vs. $0,8 \pm 0,2$). El IDT no fue afectado por los tratamientos.

DISCUSIÓN

En las condiciones en que se realizó este estudio, la esquila temprano en la gestación no afectó el peso corporal de las corderas en el período del destete hasta los 18 meses de edad. Esta respuesta es similar a la registrada al nacimiento y al destete, y no mostró cambios desde el destete en adelante. En cambio, las corderas nacidas de partos únicos fueron más pesadas que las mellizas durante todo el período de estudio.

El número de corderas que alcanzó la pubertad en el primer otoño de vida y la edad a la cual lo lograron, no fue diferente entre tratamientos. La esquila a los 50 días de gestación coincide con un período de activo crecimiento y desarrollo de tejidos y órganos fetales, especialmente aquellos que integran el sistema reproductivo y los mecanismos neuroendócrinos que lo regulan (Rhind, 2004; Ashworth et al., 2005). Aunque, la etapa de organogénesis fetal es muy sensible a la acción de factores ambientales, el estímulo de la esquila en la gestación temprana no logró cambiar el camino establecido previamente para el desarrollo y comportamiento reproductivo. Es posible, que las prioridades energéticas en la etapa del desarrollo embrionario estén focalizadas en otros órganos y sistemas más importantes para la vida del feto (Orsgerby et al., 2002). Adicionalmente, el bajo número de animales experimentales utilizados también puede representar una limitante para la identificación de posibles efectos de la esquila temprano sobre la progenie.

En este estudio, los corderos nacidos de partos únicos fueron más pesados a la pubertad y más precoces que los mellizos. Esta relación entre el peso corporal y el inicio temprano de la pubertad ya fue mencionada por Foster et al. (1985).

La esquila temprano se asoció con una disminución en el número de huevos por gramo de parásitos gastrointestinales en la materia fecal y con un valor de índice de Famacha más bajo respecto al de las corderas controles. Existe evidencia de que tanto la nutrición (More, 1998) como el estrés (Tuchscherer et al., 2002) pueden afectar el sistema inmune del feto en crecimiento (Liu et al., 2015). De hecho, Cronjé (2003) reportó que la nutrición y el estrés durante la gestación pueden afectar la expresión génica del sistema inmune, y que estos efectos pueden persistir por periodos prolongados en el animal. Por otra parte, Rooke et al. (2010) informaron de incrementos en el recuento de huevos de parásitos gastrointestinales en la MF en corderos menores a un año de edad nacidos de ovejas restringidas nutricionalmente en la primera mitad de la gestación. De todas maneras, los resultados de este estudio deben interpretarse con cautela, y es necesario repetir estos estudios antes de sacar conclusiones.

La esquila en invierno durante la mitad de la gestación incrementa los requerimientos energéticos de la oveja, para poder aumentar la producción de calor con el fin de mantener la temperatura corporal. Sin embargo, los estudios han demostrado que la esquila invernal de ovejas en pastoreo no provoca un aumento en la ingesta. En estas condiciones, las ovejas pueden entrar en un balance energético negativo, por lo cual se va a reducir la energía disponible para la placenta y el feto, y en consecuencia afectando su desarrollo (Kenyon et al., 2003). Sin embargo, cuando la esquila se realiza a los 50 días de gestación, la oveja no va a encontrar restricciones para incrementar el consumo,

siempre que exista una oferta de forraje adecuada. El estrés por frío debido a la esquila produce cambios metabólicos y hormonales en la hembra preñada, que se traducen en incrementos en la concentración plasmática de glucosa (Symonds et al., 1986) y de ácidos grasos no esterificados en la sangre de las ovejas (Sherlock et al., 2003), incrementando el aporte de glucosa a la placenta y consecuentemente su disponibilidad al feto.

Sin embargo, el evento de estrés asociado con la esquila parece ser un evento a corto plazo, del cual la hembra se recupera rápidamente. Por lo tanto, puede que no sea sorprendente, que la esquila en el día 50 de gestación haya tenido poco impacto en la progenie en este estudio. Posiblemente, el estímulo generado por la esquila temprana no fue capaz de establecer un flujo de nutrientes diferencial al feto, de acuerdo con los diferentes tratamientos de esquila. Es posible que los cambios esperados en el crecimiento corporal y el comportamiento reproductivo hayan sido anulados o compensados por la buena nutrición, aún en condiciones de pastoreo.

CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones en que se realizó este estudio, la esquila de ovejas pastoreando pasturas mejoradas a los 50 días de gestación no afectó el crecimiento y el comportamiento reproductivo en la descendencia, desde el destete y hasta los 18 meses de edad. Curiosamente, las corderas cuyas madres fueron esquiladas en el primer tercio de gestación respondieron mejor al desafío de los parásitos gastrointestinales que las corderas nacidas de ovejas esquiladas después del parto. Dado que los parásitos gastrointestinales comprometen gravemente el crecimiento y la salud de los corderos después del destete, y representan una limitación económica importante en la industria ovina, se justifica mayor investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Ashworth, C.J.; McEvoy, T.G.; Rooke, J.A.; Robinson, J.J. 2005. Nutritional programming of physiological systems throughout development. *Trends in Developmental Biology* 1, 117-129.
- Banchero, G. E.; Quintans, G.; Lindsay, D. R.; Milton J. T. B. 2009. A pre-partum lift in ewe nutrition from a high-energy lick or maize or by grazing *Lotus uliginosus* pasture, increases colostrum production and lamb survival. *Animal* 3:8, 1183-1188. doi:10.1017/S175173110900457
- Banchero, G.; Vázquez, A.; Montossi, F.; De Barbieri, I.; Quintans, G. 2010. Pre-partum shearing of ewes under pastoral conditions improves the early vigour of both single and twin lambs. *Anim. Prod. Sci.* 50, 309-314. doi: 10.1071/AN09127
- Bauer, M.K.; Harding, J.E.; Bassett, N.S.; Breier, B.H.; Oliver, M.H.; Gallaher, B.H.; Evans, P.C.; Woodall, S.M.; Gluckman, P.D. 1998. Fetal growth and placental function. *Molecular and Cellular Endocrinology* 140, 115-120. doi: 10.1016/s0303-7207(98)00039-2
- Corner, R.A.; Kenyon, P.R.; Stafford, K.J.; West, D.M.; Oliver, M.H. 2010. The effect of different types of stressors during mid- and late pregnancy on lamb weight and body size at birth. *Animal* 4, 2065-2070. doi.org/10.1017/S1751731110001321
- Cronjé, P.B. 2003. Foetal programming of immune competence. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43, 1427-1430. doi.org/10.1071/EA03005
- De Barbieri, I.; Montossi, F.; Dighiero, A.; Martínez, H.; Nolla, M.; Luzardo, S.; Mederos, A.; Zamit, W.; Levratto, J.; Frugoni, J.; Lima, G.; Costales, J. 2005. Alternativas de la esquila preparto temprana. Evaluación del impacto del tipo de peine. In 'Seminario de Actualización técnica: reproducción ovina. Recientes avances realizados por el INIA, Uruguay'. Serie de actividades de Difusión 401, 104-114. (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) Treinta y Tres y Tacuarembó: Tacuarembó, Uruguay).
- De Barbieri, I.; Montossi, F.; Viñoles, C.; Kenyon, P.R. 2018. Time of shearing the ewe not only affects lamb live weight and survival at birth and weaning, but also ewe wool production and quality. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 61, 57-66.
- Foster, D.L.; Yellon, S.M.; Olster, D.H. 1985. Internal and external determinants of timing of puberty in the female. *Journal of Reproduction & Fertility* 75, 327-344.
- Gluckman, P. D.; HANSON, M. A. 2004. Developmental Origins of Disease Paradigm: A Mechanistic and Evolutionary Perspective. *Pediatric Research*, 56(3): 311-317. doi: 10.1203/01.PDR.0000135998.08025.FB
- Greenwood, P.L.; Thompson, A.; Ford, S.P. 2010. Postnatal consequences of the maternal environment and growth during prenatal life for productivity of ruminants. In *Managing the prenatal environment to enhance livestock productivity* (eds. P.L. Greenwood, A.W. Bell, P.E. Vercoe and G.J. Viljoen), pp. 3-36. Springer Science Business Media, Dordrecht, Netherlands.
- Grazul-Bilska, A.T.; Johnson, M.L.; Borowicz, P.P.; Minten, M.; Bilski, J.J.; Wroblewski, R.; Velimirovich, M.; Coupe, L.R.; Redmer, D.; Reynolds, L.P. 2011. Placental development during early pregnancy in sheep: cell proliferation, global methylation, and angiogenesis in the fetal placenta. *Reproduction* 141: 529-540. doi: 10.1530/REP-10-0505

- Gunn, R.G.; Sim, D.A.; Hunter, E.A.** 1995. Effects of nutrition in utero and in early life on the subsequent lifetime reproductive performance of Scottish Blackface ewes in two management systems. *Animal Science*, 60: 223-230. doi.org/10.1017/S1357729800008389
- Heasman, L.; Clarke, L.; Stephenson, T.J.; Symonds, M.E.** 1999. The influence of maternal nutrient restriction in early to mid-gestation on placental and fetal development in sheep. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58: 283-288.
- Hyttel, P.; Sinowatz, F.; Vejsted, M.** 2010. *Domestic Animal Embriology*. Saunders Elsevier. Chapter 9.
- Ehrhardt, R.A.; Bell, A.W.** 1995. Growth and metabolism of the ovine placenta during mid-gestation. *Placenta*, 16: 727-741.
- Kelly, R.W.** 1992. Nutrition and placental development. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia* 17, 203-211.
- Kenyon, P.R.; Morris, S.T.; Revell, D.K.; McCutcheon, S.N.** 2003. Shearing during pregnancy - review of a policy to increase birth-weight and survival of lambs in New Zealand pastoral farming systems. *New Zealand Veterinary Journal*, 51: 200-207. doi.org/10.1080/00480169.2003.36368
- Kotsampasi, B.; Chadio, S.; Papadomichelakis, G.; Deligeorgis, S.; Kaliogiannis, D.; Menegatos, I.; Zervas, G.** 2009. Effects of maternal undernutrition on the hypothalamic-pituitary-gonadal axis function in female sheep offspring. *Reproduction in Domestic Animals*, 44: 677-684. doi: 10.1111/j.1439-0531.2007.01046.x
- López-Mazz, C.; Baldi, F.; Quintans, G., Bancho, G.** 2017. Shearing ewes in the first third of gestation improves offspring performance. *Anim. Prod. Sci.* 58, 1908-1914
- Liu, Y.; He, S.; Zhang, Y.; Xia, W.; Li, M.; Zhang, C.; Gao, F.** 2015. Effects of intrauterine growth restriction during late pregnancy on the development of the ovine fetal thymus and the T-lymphocyte subpopulation. *American Journal of Reproductive Immunology*, 74: 26-37. doi: 10.1111/aji.12371.
- Montossi, F.; De Barbieri, I.; Digiero, A.; Martínez, H.; Nolla, M.; Luzardo, S.; Mederos, A.; San Julian, R.; Zamit, R.; Levratto, W.; Frugoni, J.; Lima, G.; Costales, J.** 2005. La esquila parto temprana: una nueva opción para la mejora reproductiva ovina. In 'Seminario de Actualización técnica: reproducción ovina. Recientes avances realizados por el INIA, Uruguay'. Serie de actividades de Difusión 401, 85-103. (National Institute of Agricultural Research (INIA): Treinta y Tres y Tacuarembó: Tacuarembó, Uruguay).
- Moore, S.E.** 1998. Nutrition, immunity and the fetal and infant origins of disease hypothesis in developing countries. *Proceedings of the Nutrition Society* 57, 241-247. doi.org/10.1079/PNS19980038
- Morris, S.T.; McCutcheon, S.N.** 1997. Selective enhancement of growth in twin fetuses by shearing ewes in early gestation. *Anim Sci.* 65:105-110. doi.org/10.1017/S1357729800016350
- Nari, A.; Eddi, C.; Martins, J.R.; Benavides, E.** 2003. Resistencia a los Antiparasitarios: Estado actual con énfasis en América Latina. *Estudio FAO Producción y Sanidad Animal* 157. FAO, Rome, Italy, pp.16.
- Morris, S.T.; McCutcheon, S.N.; Revell, D.R.** 2000. Birth weight responses to shearing ewes in early to mid-gestation. *Animal Science* 70, 363-9. doi.org/10.1017/S1357729800054825
- Osgerby, J.; Wathes, C.; Howard, D.C.; Gadd, T.S.** 2004. The effect of maternal undernutrition on the placental growth trajectory and the uterine insulin-like growth factor axis in the pregnant ewe. *Journal of Endocrinology* 182, 89-103 doi: 10.1677/joe.0.1820089

- Paten, A.M.; Asmad, K.; Loureiro, M.F.P.; Kenyon, P.R.; Pain, S.J.; Peterson, S.W.; Pomroy, W.E.; Scott, I.; Blair, H.T.** 2011. The effects of dam nutrition during pregnancy on the postnatal growth and puberty attainment of ewe progeny. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 71, 56-58.
- Rhind, S.M.** 2004. Effects of maternal nutrition on fetal and neonatal reproductive development and function. *Animal Reproduction Science* 82-83, 169-181.
doi: 10.1016/j.anireprosci.2004.04.003
- Reynolds, L.P.; Redmer, D.A.** 1995. Uteroplacental vascular development and placental function. *J. Anim. Sci.* 73(6):1839-51.
doi: <https://doi.org/10.2527/1995.7361839x>
- Russel, A.J.F.; Doney, J.M.; Gunn, R.G.** 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 72, 451-454.
https://doi.org/10.1017/s0021859600024874
- Rooke, J.A.; Houdijk, J.G.M.; McIlvaney, K.; Ashworth, C.J.; Dwyer, C.M.** 2010. Differential effects of maternal undernutrition between days 1 and 90 of pregnancy on ewe and lamb performance and lamb parasitism in hill or lowland breeds. *Journal of Animal Science* 88, 3833-3842.
doi.org/10.2527/jas.2010-2991
- Sherlock, G.R.; Kenyon, P.R.; Morris, S.T.; Parkinson, T.J.** 2003. Metabolic changes in ewes shorn during mid-pregnancy. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 63:144-148. ISSN 0370-2731/2003
- Smeaton, D.C.; Webby, R.W.; Tarbotton, I.S.; Clayton, J.B.** 2000. The effects of shearing Finnish Landrace x Romney ewes in mid-pregnancy on lamb survival, birthweights and other weights. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 45, 58-60.
- Sphor, L.; Banchero, G.; Correa, G.; Osorio, M.T.M.; Quintans, G.** 2011. Early prepartum shearing increases milk production of wool sheep and the weight of the lambs at birth and weaning. *Small Ruminant Research* 99, 44-47.
doi:10.1016/j.smallrumres.2011.03.007
- Symonds, M.; Bryant, M.J.; Lomax, M.A.** 1986. The effect of shearing on the energy metabolism of the pregnant ewe. *Br J Nutr.* 56 (3):635-43. doi: 10.1079/BJN19860144
- Thompson, G.E.; Bassett, J.M.; Samson, D.E.; Slee, J.** 1982. The effects of cold exposure of pregnant sheep on foetal plasma nutrients, hormones and birth weight. *Br. J. Nutr.* 48, 59-64.
- Tuchscherer, M.; Kanitz, E.; Otten, W.; Tuchscherer, M.** 2002. Effects of prenatal stress on cellular and humoral immune response in neonatal pigs. *Veterinary Immunology and Immunopathology* 86, 195-203.
doi: 10.1016/s0165-2427(02)00035-1
- Ueno, H.; Goncalvez, P.C.** 1998. Manual para diagnóstico de helmintoses de ruminantes. 4th ed. Japan International Cooperation Agency (JICA), Tokyo, Japan. 143p.

6.5. CARLOS LÓPEZ MAZZ, FERNANDO BALDI, GRACIELA QUINTANS, GEORGETTE BANCHERO. 2018. Efecto de la esquila pre parto temprana sobre la edad a la pubertad en corderos únicos y mellizos. En: Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (XXVI, 2018, Guayaquil, Ecuador). Proceedings. Producción de ovinos y caprinos - Carteles. Archivos Latinoamericanos De Producción Animal, 26(5): 142. https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2611.

XXVI Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal V Simposio Internacional de Producción Animal Guayaquil (Ecuador) 28 – 31 mayo, 2018

respectivamente. Se concluye que, la sustitución parcial de hasta 25% del maíz por afrecho de arroz es una alternativa factible de utilizar en la dieta de corderos en confinamiento, sin que el mismo afecte los parámetros productivos evaluados.
Palabras clave: engorde, ganancia de peso, ovinos, subproductos.

OC12.Efecto de la esquila pre parto temprana sobre la edad a la pubertad en corderos únicos y mellizos

Veterinario Carlos López Mazz¹, Fernando Baldi², Graciela Quintans³, Hernán Bueno⁴, Georgette Banchero⁵
¹*Facultad de Agronomía, Udelar, Montevideo, Uruguay.* ²*Facultad de Ciencias Agrícolas y Veterinaria, San Pablo, Brasil.* ³*Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Treinta y Tres, Uruguay.* ⁴*Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.* ⁵*Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Colonia, Uruguay.*

La exposición temprana del feto al estrés nutricional y ambiental puede alterar la función reproductiva de la descendencia. En las ovejas, el estrés por frío debido a la esquila, afectó positivamente el peso al nacimiento y al destete, y el vigor y supervivencia periparto de los corderos. Se evaluó el efecto de la esquila a los 50 días de gestación sobre la edad a la pubertad en la progenie macho nacidos como parto único o mellizo. En INIA "La Estanzuela", se utilizaron 47 corderos Ideal, destetados (104 ± 0.6 días de edad), nacidos de ovejas esquiladas preparto (EPT, n = 21) y esquiladas posparto (EDP, n = 26), en cuatro tratamientos: (i), UEPT, n = 15 únicos (U), (ii), UEDP, n = 13 (U), (iii), MEPT, n = 16 mellizos (M) y (iv), MEDP, n = 13 (M), pastoreando pasturas mejoradas (6%/PV/AF). Los corderos fueron púberes: a) cuando la concentración plasmática de testosterona fue ≥ 1 ng/mL, en 3 mediciones semanales sucesivas, y b) cuando en un eyaculado había 50 × 10⁶ espermatozoides/mL, motilidad individual ≥ 10% y máximo de 20% de anomalías. El semen se colectó cada 14 días mediante el uso de un electroeyaculador (134 ± 0.6 a los 260 ± 0.2 días de edad). Los resultados se analizaron por ANOVA, Proc. Mixed (SAS 9.3). La testosterona plasmática no fue diferente entre EPT y EDP (P = 0.17, 106.6 ± 11.1 vs 128.7 ± 11.9 nmol/L) y entre U y M (P = 0.10, 131.0 ± 11.9 vs 103.9 ± 11.1 nmol/L). La EPT no afectó la edad a la pubertad (P = 0.37, 201.9 ± 5.8 EPT y 209.5 ± 6.1 d EDP) y U (199.6 ± 6) y M (213.7 ± 6 d), ni el porcentaje de corderos púberes (P = 0.1, 90.4% y 92.6%, EPT y EDP). El peso corporal a la pubertad fue mayor en EPT que en EDP (P = 0.02, 30.5 ± 0.86 vs 27.5 ± 0.92 kg). Podemos concluir que los cambios metabólicos y hormonales debido a la esquila preparto temprana no logran programar la función reproductiva en la vida adulta, aunque se observó un efecto del peso corporal sobre la edad a la pubertad.

Palabras claves: ovejas, esquila temprana, descendencia, pubertad

OC13.Efecto de la esquila en el primer tercio de gestación sobre la composición corporal en corderos únicos y mellizos a los 12 y 14 meses de edad

Carlos López Mazz¹, Fernando Baldi², Graciela Quintans³, Georgette Banchero⁴
¹*Facultad de Agronomía, Udelar, Montevideo, Uruguay.* ²*Facultad de Ciencias Agrícolas y Veterinaria, San Pablo, Brasil.* ³*Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Treinta y Tres, Uruguay.* ⁴*Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Colonia, Uruguay.*

La restricción nutricional de las ovejas durante la gestación, puede afectar la composición corporal de la progenie en la vida adulta. El primer tercio de la gestación es muy sensible al estrés nutricional y

ambiental y puede predisponer a la descendencia a cambios permanentes en el desarrollo y la función de los principales sistemas homeostáticos y fisiológicos. Se estudió el efecto de la esquila a los 50 días de gestación sobre los parámetros de composición corporal in vivo de la descendencia. El trabajo se realizó en "La Estanzuela" INIA (35°S, 54°W). Se utilizaron 68 corderos Polwarth, pastoreando pasturas mejoradas (6%/PV/AF), destetados (104 ± 0.6 d de edad) de ovejas esquiladas pre parto (EPT, n = 38) y esquiladas pos-parto (EDP, n = 30), en cuatro tratamientos: (i), UEPT, n = 19 únicos (U), (ii), UEDP, n = 18 (U), (iii), MEPT, n = 19 mellizos (M) y (iv), MEDP, n = 12 (M). A los 12 meses (octubre) y 14 meses de edad (noviembre), se determinó por ultrasonografía (transductor lineal de 12 MHz, Aloka 500) el área de ojo de bife (AOB) y el espesor de grasa subcutánea (EGS) del músculo longissimus dorsi y el espesor de grasa en la cadera (P8). Los resultados se analizaron por ANOVA, Proc. Mixed (SAS 9.3). El AOB (P = 0.94, 8.27 ± 0.2 vs 8.25 ± 0.2 cm²), EGS (P = 58, 2.35 ± 0.09 vs 2.43 ± 0.1 mm) y P8 (P = 0.42, 2.35 ± 0.08 vs 2.44 ± 0.1 mm) no fueron diferentes entre EPT y EDP. La edad de los corderos afectó el AOB (P = 0.01), fue 7% mayor a los 14 meses respecto a los 12 meses, en EPT y EDP. El P8 fue mayor a los 14 meses de edad (P = 0.05), 22.3% en EPT y 18.5% en EDP respecto a los 12 meses de edad. En conclusión, los cambios nutricionales y metabólicos y sus respectivas señales endocrinas, como consecuencia de la esquila preparto temprana, no lograron alterar la composición corporal de los corderos, aunque el mismo cambio con el tiempo, posiblemente, debido al cambio de peso vivo de los animales.

Palabras clave: ovejas, esquila temprana, corderos, composición corporal, ultrasonido

OC14.Parámetros fisiológicos, ganancia de peso vivo y rendimiento de la canal de ovinos criollos criados en pastoreo de pasturas naturalizadas bajo condiciones de estrés térmico

Jonathan Collazo, José Suárez, Juan Hernández, Rafael Rodríguez, **Ahner A. Rodríguez**, John Fernández.
Universidad de Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico

En regiones tropicales como Puerto Rico, el ganado ovino está expuesto a altas temperaturas y altos niveles de humedad relativa (índice de temperatura y humedad, ITH >72). Además, los criadores alimentan a sus ovinos a base de pastoreo, utilizando mayormente pastos de bajo valor nutritivo. Es importante caracterizar y documentar este sistema de producción extensivo para que los ovinocultores lo utilicen como punto de referencia para futuras decisiones de manejo. El objetivo de este experimento fue determinar los parámetros fisiológicos (temperatura rectal=TR; tasa respiratoria=RR, ritmo cardíaco=RC), la ganancia en peso y el rendimiento en canal de corderos criollos criados bajo un sistema de producción extensivo. Se utilizaron 10 corderos (peso inicial promedio =19.4 kg) alimentados durante 10 semanas en pastoreo rotacional (predios con un área promedio =610 m²) con un periodo de ocupación de 7 d y periodo de descanso de 21 d. En los predios predominaban los pastos *Paspalum virgatum*, *Rhynchospora ciliata*, *Sporobolus indicus* y *Paspalum mellegrana* y uno de ellos contaba con un banco de proteína de *Leucaena leucocephala* (área = 210 m²). Los corderos tuvieron acceso diario al área de pastoreo un mínimo de 5 h, además de heno de graminas (*Urochloa maxima* y *Dichanthium annulatum*) y agua ad libitum, un suplemento diario de 150 g de concentrado comercial y un bloque nutricional. Durante los 70 d del experimento se monitoreó la temperatura ambiental máxima y mínima y la humedad relativa para calcular el ITH. Semanalmente se determinó la TR, RC, RR, y peso vivo de cada cordero para calcular la ganancia en peso (g/d). Seis de los corderos se sacrificaron a un peso promedio de 27.5 kg.

142

6.6. CARLOS LÓPEZ MAZZ, FERNANDO BALDI, GRACIELA QUINTANS, GEORGETTE BANCHERO. 2018. Efecto de la esquila en el primer tercio de la gestación sobre la composición corporal en corderos únicos y mellizos a los 12 y 14 meses de edad. 2018. En: Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (XXVI, 2018, Guayaquil, Ecuador). Editor, M. (2018). Proceedings. Producción de ovinos y caprinos - Carteles. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 26(5), p 142. https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2611

XXVI Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal V Simposio Internacional de Producción Animal Guayaquil (Ecuador) 28 – 31 mayo, 2018

respectivamente. Se concluye que, la sustitución parcial de hasta 25% del maíz por afrecho de arroz es una alternativa factible de utilizar en la dieta de corderos en confinamiento, sin que el mismo afecte los parámetros productivos evaluados.
Palabras clave: engorde, ganancia de peso, ovinos, subproductos.

OC12. Efecto de la esquila pre parto temprana sobre la edad a la pubertad en corderos únicos y mellizos

Veterinario Carlos López Mazz¹, Fernando Baldi², Graciela Quintans³, Hernán Bueno⁴, Georgette Banchero⁵
¹Facultad de Agronomía, UdelaR, Montevideo, Uruguay, ²Facultad de Ciencias Agrícolas y Veterinaria, San Pablo, Brasil, ³Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Treinta y Tres, Uruguay, ⁴Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay, ⁵Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Colonia, Uruguay

La exposición temprana del feto al estrés nutricional y ambiental puede alterar la función reproductiva de la descendencia. En las ovejas, el estrés por frío debido a la esquila, afectó positivamente el peso al nacimiento y al destete, y el vigor y supervivencia peri-parto de los corderos. Se evaluó el efecto de la esquila a los 50 días de gestación sobre la edad a la pubertad en la progenie macho nacidos como parto único o mellizo. En INIA "La Estanzuela", se utilizaron 47 corderos Ideal, destetados (104 ± 0.6 días de edad), nacidos de ovejas esquiladas preparto (EPT, n = 21) y esquiladas posparto (EDP, n = 26), en cuatro tratamientos: (i), UEPT, n = 15 únicos (U), (ii), UEDP, n = 13 (U), (iii), MEPT, n = 16 mellizos (M) y (iv), MEDP, n = 13 (M), pastoreando pasturas mejoradas (6%PV/AF). Los corderos fueron púberes a cuando la concentración plasmática de testosterona fue ≥ 1 ng/mL, en 3 mediciones semanales sucesivas, y b. cuando en un eyaculado había 50 x 10⁶ espermatozoides/mL, motilidad individual ≥ 10% y máximo de 20% de anomalías. El semen se colectó cada 14 días mediante el uso de un electroeyaculador (134 ± 0.6 a los 260 ± 0.2 días de edad). Los resultados se analizaron por ANOVA, Proc. Mixed (SAS 9.3). La testosterona plasmática no fue diferente entre EPT y EDP (P = 0.17, 106.6 ± 11.1 vs 128.7 ± 11.9 nmol/L) y entre U y M (P = 0.10, 131.0 ± 11.9 vs 103.9 ± 11.1 nmol/L). La EPT no afectó la edad a la pubertad (P = 0.37, 201.9 ± 5.8 EPT y 209.5 ± 6.1 d EDP) y U (199.6 ± 6) y M (213.7 ± 6 d), ni el porcentaje de corderos púberes (P > 0.1, 90.4% y 92.6%, EPT y EDP). El peso corporal a la pubertad fue mayor en EPT que en EDP (P = 0.02, 30.5 ± 0.86 vs 27.5 ± 0.92 kg). Podemos concluir que los cambios metabólicos y hormonales debido a la esquila preparto temprano no logran programar la función reproductiva en la vida adulta, aunque se observó un efecto del peso corporal sobre la edad a la pubertad.

Palabras clave: ovejas, esquila temprana, descendencia, pubertad

OC13. Efecto de la esquila en el primer tercio de gestación sobre la composición corporal en corderos únicos y mellizos a los 12 y 14 meses de edad

Carlos López Mazz¹, Fernando Baldi², Graciela Quintans³, Georgette Banchero⁵
¹Facultad de Agronomía, UdelaR, Montevideo, Uruguay, ²Facultad de Ciencias Agrícolas y Veterinaria, San Pablo, Brasil, ³Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Treinta y Tres, Uruguay, ⁴Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Colonia, Uruguay

La restricción nutricional de las ovejas durante la gestación, puede afectar la composición corporal de la progenie en la vida adulta. El primer tercio de la gestación es muy sensible al estrés nutricional y

ambiental y puede predisponer a la descendencia a cambios permanentes en el desarrollo y la función de los principales sistemas homeostáticos y fisiológicos. Se estudió el efecto de la esquila a los 50 días de gestación sobre los parámetros de composición corporal in vivo de la descendencia. El trabajo se realizó en "La Estanzuela" INIA (35°S, 54°W). Se utilizaron 68 corderos Polwarth, pastoreando pasturas mejoradas (6%PV/AF), destetados (104 ± 0.6 d de edad) de ovejas esquiladas pre parto (EPT, n = 38) y esquiladas pos-parto (EDP, n = 30), en cuatro tratamientos: (i), UEPT, n = 19 únicos (U), (ii), UEDP, n = 18 (U), (iii), MEPT, n = 19 mellizos (M) y (iv), MEDP, n = 12 (M). A los 12 meses (octubre) y 14 meses de edad (noviembre), se determinó por ultrasonografía (transductor lineal de 12 MHz, Aloka 5000) el área de ojo de bife (AOB) y el espesor de grasa subcutánea (EGS) del músculo longissimus dorsi y el espesor de grasa en la cadera (P8). Los resultados se analizaron por ANOVA, Proc. Mixed (SAS 9.3). El AOB (P = 0.94, 8.27 ± 0.2 vs 8.25 ± 0.2 cm²), EGS (P = 58, 2.35 ± 0.09 vs 2.43 ± 0.1 mm) y P8 (P = 0.42, 2.35 ± 0.08 vs 2.44 ± 0.1 mm) no fueron diferentes entre EPT y EDP. La edad de los corderos afectó el AOB (P = 0.01), fue 7% mayor a los 14 meses respecto a los 12 meses, en EPT y EDP. El P8 fue mayor a los 14 meses de edad (P = 0.05), 22.3% en EPT y 18.5% en EDP respecto a los 12 meses de edad. En conclusión, los cambios nutricionales y metabólicos y sus respectivas señales endocrinas, como consecuencia de la esquila preparto temprano, no logran alterar la composición corporal de los corderos, aunque el mismo cambio con el tiempo, posiblemente, debido al cambio de peso vivo de los animales.

Palabras clave: ovejas, esquila temprana, corderos, composición corporal, ultrasonido

OC14. Parámetros fisiológicos, ganancia de peso vivo y rendimiento de la canal de ovinos criollos criados en pastoreo de pasturas naturalizadas bajo condiciones de estrés térmico

Jonathan Collazo, José Suárez, Juan Hernández, Rafael Rodríguez, **Abner A. Rodríguez**, John Fernández
Universidad de Puerto Rico, Mayaguez, Puerto Rico

En regiones tropicales como Puerto Rico, el ganado ovino está expuesto a altas temperaturas y altos niveles de humedad relativa (índice de temperatura y humedad, ITH >72). Además, los criadores alimentan a sus ovinos a base de pastoreo, utilizando mayormente pastos de bajo valor nutritivo. Es importante caracterizar y documentar este sistema de producción extensivo para que los ovinocultores lo utilicen como punto de referencia para futuras decisiones de manejo. El objetivo de este experimento fue determinar los parámetros fisiológicos (temperatura rectal=TR, tasa respiratoria=RR, ritmo cardíaco=RC), la ganancia en peso y el rendimiento en canal de corderos criollos criados bajo un sistema de producción extensivo. Se utilizaron 10 corderos (peso inicial promedio =19.4 kg) alimentados durante 10 semanas en pastoreo rotacional (predios con un área promedio =610 m²) con un período de ocupación de 7 d y período de descanso de 21 d. En los predios predominaban los pastos *Paspalum virgatum*, *Rhynchospora ciliata*, *Sporobolus indicus* y *Paspalum millegrana* y uno de ellos contaba con un banco de proteína de *Leucaena leucocephala* (área = 210 m²). Los corderos tuvieron acceso diario al área de pastoreo un mínimo de 5 h, además de heno de gramíneas (*Urochloa maxima* y *Dichanthium annulatum*) y agua ad libitum, un suplemento diario de 150 g de concentrado comercial y un bloque nutricional. Durante los 70 d del experimento se monitoreó la temperatura ambiental máxima y mínima y la humedad relativa para calcular el ITH. Semanalmente se determinó la TR, RC, RR y peso vivo de cada cordero para calcular la ganancia en peso (g/d). Seis de los corderos se sacrificaron a un peso promedio de 27.5 kg.

142