



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

TESIS

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA PREPARTO EN OVEJAS DE
PELO ESTRESADAS POR CALOR: EFECTO SOBRE
GALACTOGÉNESIS Y CRECIMIENTO DE LAS CRÍAS.**

PRESENTA

ING. FRANCISCO REYES MOLINA

DIRECTOR: DR. ULISES MACÍAS CRUZ.

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

ENERO 2014.

La presente tesis “**SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA PREPARTO EN OVEJAS DE PELO ESTRESADAS POR CALOR: EFECTO SOBRE GALACTOGÉNESIS Y CRECIMIENTO DE LAS CRÍAS**” realizada por el **C. Francisco Reyes Molina**, dirigido por el **Dr. Ulises Macías Cruz**, ha sido evaluada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Sistemas de Producción Animal

Consejo particular

Dr. Ulises Macías Cruz
Director de Tesis

Ph. D. Leonel Avendaño Reyes
Secretario

Ph. D. Abelardo Correa Calderón
Sinodal

M.C. Francisco Daniel Álvarez Valenzuela
Sinodal

Ph. D. César A. Meza Herrera
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por brindarme la posibilidad de realizar mis estudios de posgrado.

A la **Universidad Autónoma de Baja California** por la oportunidad de hacerme conocer “La realización Plena de Hombre”, y con especial agradecimiento al **Instituto de Ciencias Agrícolas** por haberme permitido ser un estudiante de esta emblemática institución.

Agradezco a todos los **profesores** y en especial a los profesores del cuerpo académico de “Fisiología y Genética” por toda su conocimiento compartido y darme una formación integral.

Le agradezco afectuosamente al **Dr. Ulises Macías Cruz** por la formación humana y profesional, por sus palabras de orientación y por su tiempo invertido en mí.

Por último, pero no menos importantes, a todos los compañeros y amigos que participaron o pusieron parte de su tiempo para que este trabajo se llevara a cabo.

DEDICATORIA

Este logro está dedicado con mucho cariño y respeto a **mi familia: a mi madre, hermanos y hermanas**, pero principalmente **a mi Padre, Patricio Reyes**, que de algún lugar lejano estará siempre pendiente.

A mi esposa, **Maricela Pedro Méndez**, que ha sido parte fundamental en este proceso de mi vida y que me ha apoyado incondicionalmente.

ÍNDICE TEMÁTICO

AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE TEMÁTICO.....	V
ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Gestación en la oveja.....	3
2.2. Importancia de la alimentación en la gestación.....	4
2.3. Requerimientos nutricionales en la gestación.....	6
2.4. Alteración del desarrollo fetal.....	7
2.4.1. Efecto de la alimentación.....	7
2.4.2. Efecto del estrés calórico.....	9
2.5. Suplementación energética en la gestación.....	11
2.5.1. Impacto sobre el desarrollo fetal.....	11
2.5.2. Impacto sobre la galactogénesis.....	13
2.5.3. Impacto sobre el crecimiento de las crías.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Lugar de estudio.....	17
3.2. Animales, manejo y tratamientos.....	17

3.3. Manejo postparto.....	19
3.4. Instalaciones.....	19
3.5. Mediciones y muestreos.....	19
3.5.1. Mediciones de peso vivo y condición corporal.....	19
3.5.2. Desarrollo de ubre y secreción láctea.....	20
3.5.3. Desarrollo predestete de las crías.....	21
3.5.4. Medición de variables climáticas.....	22
3.6. Análisis estadístico.....	22
IV. RESULTADOS.....	24
4.1. Condiciones climáticas.....	24
4.2. Peso vivo y condición corporal.....	25
4.3. Caracterización morfométrica de la ubre.....	26
4.4. Producción y composición de calostro y leche.....	29
4.5. Desarrollo pre-destete de las crías.....	32
V. DISCUSIÓN.....	35
5.1. Condiciones climáticas.....	35
5.2. Peso vivo y condición corporal.....	36
5.3. Morfometría de la ubre y pezón.....	36
5.4. Producción y composición de calostro.....	39
5.5. Producción y composición de leche.....	40
5.6. Desarrollo pre-destete de las crías.....	42
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. LITERATURA CITADA.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales.....	18
Cuadro 2. Promedios de temperatura, humedad relativa e índice temperatura-humedad durante el periodo experimental.....	24
Cuadro 3. Efecto del régimen de alimentación y días de la gestación sobre la morfología de la ubre en el parto de ovejas de pelo estresadas por calor.....	27
Cuadro 4. Efecto de régimen de alimentación y días de lactancia sobre la morfología de la ubre en el postparto de ovejas de pelo estresadas por calor.....	28
Cuadro 5. Componentes del calostro producido a las 0, 12 y 24 horas postparto en ovejas testigo y suplementadas bajo estrés calórico.....	30
Cuadro 6. Composición de la leche producida a los 10, 20 y 30 d postparto en ovejas testigo y suplementadas bajo estrés calórico.....	32
Cuadro 7. Efecto de nivel de alimentación y tipo de parto sobre el desarrollo pre-destete de las crías nacidas de ovejas estresadas por calor testigo o suplementadas bajo estrés.....	34

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Efecto del régimen alimenticio preparto en ovejas de pelo estresadas por calor sobre el peso vivo.....	25
Gráfica 2. Efecto del régimen alimenticio preparto en ovejas de pelo estresadas por calor sobre la condición corporal.....	26
Gráfica 3. Volumen y peso de calostro producido a las 0, 12 y 24 h postparto en ovejas testigo y suplementadas bajo estrés calórico.....	29
Gráfica 4. Volumen y peso de la leche producida a los 10, 20 y 30 d postparto en ovejas testigo y suplementadas bajo estrés calórico.....	31
Gráfica 5. Peso al nacimiento de las crías por efecto de la interacción régimen de alimentación x tipo de parto.....	33

RESUMEN

Un total de 24 ovejas Katahdin x Pelibuey con 100 d de gestación fueron utilizadas para evaluar el efecto de la suplementación energética durante el último tercio de gestación sobre el desarrollo de la glándula mamaria, la secreción láctea y el crecimiento de las crías predestete, bajo condiciones de estrés calórico. Las ovejas se asignaron bajo un diseño de bloques completamente al azar, para ser alimentadas del d 100 de gestación hasta el parto con dietas isoproteicas que contenían 100 (testigo) o 125% (suplementado) de los requerimientos de energía metabolizable. Las ovejas estuvieron bajo condiciones de estrés calórico moderado durante el experimento. La suplementación incremento ($P < 0.05$) el peso vivo y la condición corporal de las ovejas en el preparto y postparto. En el preparto, las características de la ubre fueron similares ($P > 0.05$) entre ovejas suplementadas y testigo, pero en el postparto, las ovejas suplementadas presentaron menor ($P < 0.05$) circunferencia y volumen de ubre. Al parto, la producción de calostro fue similar ($P > 0.05$) entre tratamientos, pero a las 12 y 24 h fue menor ($P < 0.05$) en ovejas suplementadas. El porcentaje de grasa y densidad del calostro se redujo ($P < 0.05$) por efecto de la suplementación, mientras que proteína y sólidos no grasos no fueron afectados ($P > 0.05$). Comparado con ovejas testigo, la producción de leche a los 10 d fue menor ($P < 0.05$) pero mayor ($P < 0.05$) a los 20 d postparto en ovejas suplementadas. La composición de la leche y el crecimiento predestete de las crías no fueron afectados ($P > 0.05$) por la suplementación. El peso al nacimiento de los corderos se redujo con la suplementación. Se concluye que la suplementación energética en ovejas de pelo estresadas por calor durante el preparto mejora en el postparto la condición corporal de la madre pero afecta negativamente el tamaño de la ubre, la producción de calostro en las primeras 24 h y el peso al nacimiento de las crías.

Palabras clave: ovejas de pelo, gestación, energía metabolizable, calostro.

ABSTRACT

Twenty-four Katahdin x Pelibuey ewes with 100 d of gestation were used to evaluate the effect of energetic supplementation during late gestation on mammary gland development, colostrum and milk secretion, and pre-weaning growth of lambs under heat stress conditions. Ewes assigned under a randomized complete block design, to be fed from d 100 of gestation until lambing with isoproteic diets containing 100 (control) or 125% (supplemented) of metabolizable energy requirements. Ewes were under conditions of moderate heat stress during the experiment. Supplementation increased ($P<0.05$) live weight and body condition score of ewes at lambing and post-lambing. In the pre-lambing, udder characteristics were similar ($P>0.05$) between supplemented ewes or not, but at post-lambing, supplemented ewes had lower ($P<0.05$) udder circumference and volume. Colostrum yield at lambing was similar ($P>0.05$) between treatments, but at 12 and 24 h were lower ($P<0.05$) in supplemented ewes. Fat percentage and density in the colostrum decreased ($P<0.05$) by effect of supplementation, while percentages of protein and solids not-fat were not affected ($P>0.05$). Compared with control ewes, milk yield at d 10 was lower ($P<0.05$) but higher ($P<0.05$) at d 20 post-lambing in supplemented ewes. Milk composition and pre-weaning growth of lambs were not affected ($P>0.05$) by supplementation. Lamb birth weights decreased ($P<0.05$) with the supplementation. It is concluded that energetic supplementation in heat-stressed hair ewes during late gestation improved, in the post-lambing period, its body condition but negatively affected the udder size and colostrum yield in the first 24 h post-lambing, and also lamb birth weight.

Keywords: heir sheep, gestation, metabolizable energy, colostrum.

I. INTRODUCCIÓN

En las regiones áridas y semiáridas del mundo, la producción de corderos es mermada en la época de verano como consecuencia de las altas temperaturas (Avendaño-Reyes *et al.*, 2004; Martínez-Partida *et al.*, 2011). Estas condiciones ambientales se han relacionado con un desarrollo bajo de la placenta, una disminución en el flujo sanguíneo hacia el feto y un incremento en las demandas de nutrientes para mantenimiento, lo cual ha conllevado a problemas de retardo en el crecimiento fetal, bajos pesos al nacimiento, alta mortalidad de las crías en los primeros días postparto y ovejas con baja producción de calostro y leche (Mellor y Murray, 1985; Marai *et al.*, 2008; Hansen, 2009). Cabe mencionar que este efecto negativo del estrés calórico sobre ovejas gestantes se acentúa durante el último tercio de gestación, ya que es cuando las demandas nutricionales fetales se incrementan exponencialmente al presentarse alrededor del 80% del crecimiento del producto y se tiene menos espacio ruminal, decreciendo el consumo de alimento (Dobson *et al.*, 2012). Por lo tanto, la búsqueda de estrategias para mejorar la producción de corderos es una necesidad bajo ese panorama.

Varios estudios realizados en ovejas bajo condiciones termoneutrales, sugieren que ofreciendo una dieta más densa en nutrientes algunas semanas antes del parto, es benéfico para incrementar el consumo de energía y proteína de las hembras, mejorar el desarrollo y crecimiento fetal, incrementar los pesos al nacimiento y reducir la tasa de mortalidad predestete (Banchemo *et al.*, 2007; Swanson *et al.*, 2008; Muñoz *et al.*, 2008; Kenyon *et al.*, 2010). Al mismo tiempo, que la oveja para en un balance energético positivo, hace que se presente un mejor desarrollo de ubre, y su producción y composición de la leche también se mejora (Knight, 2000; Myatt, 2006; Meyer *et al.*, 2011). No obstante, esta herramienta alimenticia de suplementación preparto ha sido escasamente evaluada en ambientes de estrés calórico, por lo

que resultaría muy conveniente desarrollar investigaciones al respecto bajo ese tipo de condiciones ambientales. Más aun, no se encontraron resultados donde hayan probado el uso de la suplementación en la etapa gestacional de ovejas de razas de pelo, tales como Pelibuey, Dorper, Katahdin o sus cruza. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación energética durante el último tercio de gestación sobre el desarrollo de ubre, la producción y composición de leche y calostro, y el crecimiento de las crías predestete en ovejas de pelo estresadas por calor.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Gestación en la oveja

La gestación es uno de los eventos reproductivos más importantes en la especie animal. Esta se refiere al desarrollo de la cría dentro del útero de una hembra, con un intervalo que va desde la fecundación del ovulo hasta el parto o expulsión del feto. La gestación se puede dividir en dos etapas: 1) la etapa embrionaria, comprende el desarrollo a partir de la fecundación, pasando por la segmentación y gastrulación, después de que ocurre la implantación, el desarrollo embrionario culmina cuando el organismo toma la forma física de la especie animal proveniente, 2) la etapa fetal culmina hasta el parto o expulsión del feto (Ilancheran *et al.*, 2009; Bazer *et al.*, 2012).

En el caso específico de las ovejas, la gestación tiene una duración promedio 150 días, pero puede variar entre 144 y 153 días. La duración de la gestación puede ser determinada por factores ambientales, genéticos u inmunológicos (Bazer *et al.*, 2012). El periodo de implantación va del día 12 al 14 de la gestación, lo cual coincide con el inicio de la lisis del cuerpo lúteo en ovejas no preñadas; pero debido a la producción de la proteína *interferón ovis* por parte del blastocito, se da el paso para el proceso de reconocimiento materno, y la posterior implantación, y así se impide a nivel del útero la síntesis de prostaglandinas $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$), hormona encargada de provocar la lisis del cuerpo lúteo en un ciclo estral normal (Spencer y Bazer, 2004; Bazer *et al.*, 2012). Se ha reportado que del día 12 al 14 de gestación en ovejas, el tamaño de las membranas embrionarias aumenta de 1 a 10 cm de largo, respectivamente. Es evidente que para el día 14, cuando inicia la lisis del cuerpo lúteo, las membranas fetales sufren una gran expansión, encaminadas a la producción de *interferón ovis* y progestágenos que aunado con la supresión de la síntesis de $PGF_{2\alpha}$ mantienen el desarrollo del cuerpo lúteo y la gestación progresa (Thatcher *et*

al., 1994; Guillomot, 1995; Gray *et al.*, 2001; Bazer *et al.*, 2012). Lo anterior conlleva a la formación de las membranas embrionarias y formación de la placenta. A los 60 días de gestación, el número de placentomas se encuentra definido (80-100 placentomas en ovejas), y alrededor del día 80, la placenta alcanza su crecimiento y peso final; posteriormente, se desarrolla su máxima funcionalidad (Thatcher *et al.*, 1994; Gray *et al.*, 2001; Bazer *et al.*, 2012).

El crecimiento fetal ovino durante los primeros 90-100 días de gestación es mínimo, únicamente gana alrededor del 20% de su peso final al nacimiento. Por el contrario, este crecimiento es máximo durante las últimas semanas de gestación, alcanzando un crecimiento fetal de hasta el 80% del peso que tendrá al nacimiento y por consecuencia las demandas nutricionales aumentan. Otro proceso importante durante la gestación tardía es la proliferación y diferenciación de células secretoras de la glándula mamaria con el objetivo de iniciar la producción de los componentes del calostro días previos al parto (Ocak *et al* 2009).

2.2 Importancia de la alimentación en la gestación

Los efectos de la nutrición durante la gestación sobre el desarrollo y crecimiento fetal se presentan de diferente manera, dependiendo del momento en el que la nutrición se altere. Un estado nutricional inadecuado durante los primeros 30 días de gestación puede provocar un incremento en las pérdidas embrionarias. Long *et al.* (2010) indica que el nivel nutricional en esta etapa de la gestación debe ser tal, que la borrega mantenga su peso con ligeras ganancias de peso. McEvoy *et al.* (1995) reportaron que ovejas (Border Leicester x Scottish Blackface) alimentadas restringidamente presentan mayor proporción de ovocitos viables en comparación con ovejas recibiendo altos niveles de alimentación, sin embargo, el porcentaje de pérdidas embrionarias fue similar. Por otra lado, Yaakub *et al.* (1997) demostraron que la producción de

embriones de buena calidad se reduce en ovejas superovuladas e infundidas con niveles altos de glucosa. Esto sugiere que tanto la deficiencia como el exceso de nutrientes pueden conllevar a la pérdida embrionaria.

Durante el segundo y tercer mes de gestación se produce un rápido crecimiento de la placenta, mientras que la tasa de crecimiento fetal es baja (Robinson, 1999). Un nivel de alimentación bajo en este periodo puede afectar directamente el desarrollo placentario e indirectamente al peso fetal, especialmente en ovejas en condición corporal baja. Cualquier alteración en el desarrollo placentario provoca alteraciones en la homeostasis de la glucosa-insulina que se refleja en una deficiencia placentaria y programaciones fetales que predisponen a la cría en la vida postnatal a padecimientos de trastornos metabólicos. Dichos trastornos postnatales se reflejan en una mayor acumulación de grasa corporal y en características de la canal no deseables en el mercado (Fowden *et al.*, 2006; Myatt, 2006; Ocak *et al* 2009).

Según Ford *et al.* (2007) señalan que la condición corporal al momento del empadre en conjunto con la alimentación en el primer tercio de la gestación, determinan directamente el desarrollo fetal y balance nutricional de la hembra durante la gestación. Así, estos autores encontrarían que ovejas (Rambouillet y Columbia) con condición corporal moderada (2.0 o 2.5) al inicio de la gestación, en combinación con una alimentación restringida para provocar pérdidas de peso entre un 5 y 10% progresivamente, no afecta el peso al nacimiento de los corderos. En cambio, niveles nutricionales altos administrados durante este periodo a ovejas en buena condición corporal, puede generar pérdidas de apetito al final de la gestación, engrasamiento excesivo, hipoglucemia, toxemia de la preñez, partos prematuros y mortalidad de las crías.

Por otra parte, durante el último tercio de la gestación el crecimiento del feto es muy rápido, su crecimiento asciende a un 70-80% del peso total que tendrá al nacimiento (Robinson, 1999). Las necesidades nutricionales aumentan considerablemente como consecuencia del crecimiento y desarrollo del útero grávido (feto, anejos fetales y útero), desarrollo mamario y el aumento en la producción de calor en un animal gestante. En esta etapa de la gestación, la alimentación materna ejerce una gran influencia sobre el peso y vigor de los corderos al nacimiento. La concentración de glucosa sanguínea en la oveja (reservas maternas), durante el último tercio de gestación es el factor más importante para conseguir un óptimo desarrollo del feto y evitar la aparición de toxemia de la preñez. Al final de la gestación, una subalimentación disminuye el flujo sanguíneo al útero, la concentración fetal de insulina, glucosa e IGF-1 y se afecta el crecimiento fetal. Además, los corderos con bajo peso al nacimiento tienen una menor capacidad de supervivencia que los corderos con un peso adecuado al nacimiento (Ocak *et al.*, 2007).

2.3 Requerimientos nutricionales en la gestación

La muerte de corderos por inanición puede ser consecuencia de una serie de factores nutricionales, ambientales y genéticos. Siendo algunos de ellos la falta de vigor del cordero recién nacido, la falla de la relación madre-hijo, el mal comportamiento materno y la falta de calostro al momento del parto. En su mayoría estos factores responden a una inadecuada nutrición de la oveja durante el período preparto (Banchero *et al.*, 2007).

En el periodo preparto, la madre tiene altos requerimientos nutricionales para el desarrollo fetal, crecimiento de la glándula mamaria y la síntesis de calostro. Una alimentación deficiente durante las últimas semanas de gestación reduce el desarrollo de la glándula mamaria

y la acumulación prenatal de calostro, así como la producción de leche en las 18 horas postparto (Banchero *et al.*, 2007).

Sin embargo, y a pesar del incremento en la demanda de nutrientes, el consumo voluntario de la oveja, disminuye durante los últimos días de gestación agravándose el déficit energético. Banchero (2003) menciona que una adecuada reserva corporal permite a la oveja movilizar tejido adiposo para producir suficiente energía cuando los requerimientos del feto, de la glándula mamaria y la síntesis de calostro son muy altos.

Dependiendo de la etapa de la gestación y el número de corderos, los requerimientos nutricionales pueden cambiar. Una oveja de 50 kg con buena condición corporal y gestando 2 fetos, requiere por kilogramo de materia seca las primeras 15 semanas de gestación 2.0 Mcal de EM, 9.3% de proteína cruda, 2.5 g de calcio y 2.0 g de fósforo. Mientras que en las últimas 6 semanas, donde las demandas nutricionales se incrementaron drásticamente, los requerimientos de energía incrementan a 2.4 Mcal de EM, 11.3% de proteína cruda, 4.0 g de calcio y 2.4 g de fósforo (NRC, 2007), todo basado en kilogramo de materia seca. Cabe mencionar que estos requerimientos disminuyen cuando la oveja gesta un solo feto o incrementan cuando los fetos son 3 o más. Asimismo, razas más pesadas tendrán un requerimiento extra de mantenimiento, lo cual también contribuye a incrementar las necesidades nutricionales de las ovejas gestantes.

2.4. Alteración del desarrollo fetal

2.4.1. Efecto de la alimentación

El crecimiento fetal puede sufrir alteraciones causadas tanto de la sobrealimentación como de la desnutrición, esto responde principalmente a que se altera la tasa de división celular como efecto directo de la nutrición o como alteración de las concentraciones hormonales y

factores de crecimiento, provocando el nacimiento de crías de bajo peso o con trastornos metabólicos (Barker y Clark, 1997). La dieta materna afecta directamente el crecimiento fetal considerando que es la única fuente de aporte de nutrientes tanto para la madre como para los procesos fisiológicos gestacionales del producto. De manera indirecta, también impacta al sistema endocrino fetal, y epigenéticamente debido a que se ha encontrado una relación directa entre el estado nutricional de la madre al inicio de la gestación y la programación fetal (Fowden *et al.*, 2006). Además, el estrés nutricional durante períodos críticos de la gestación puede tener un efecto negativo en la vida postnatal al alterar el comportamiento de las crías y las características de la canal (Barker y Clark, 1997; McMillen *et al.*, 2001; Fowden *et al.*, 2006). Algunos estudios indican que las alteraciones en las características de la canal se deben a que se modifica la tasa de formación de grasa (Gluckman y Hanson, 2004; Belkacemi, *et al.*, 2010). En corderos se ha reportado una baja calidad de la canal en crías nacidas de ovejas desnutridas durante la gestación, tendiendo hacia la formación de tejido graso y disminución del porcentaje de carne magra (Kelley *et al.*, 1996).

Ford *et al.* (2007) reportaron que restringiendo el 50% de los nutrientes entre el día 28 y 78 de gestación de la oveja, provocó un incremento en el consumo de alimento y menor ganancia diaria de peso de los corderos nacidos de dichas ovejas, en el postparto, sin embargo, también se incrementó el porcentaje de grasa en la canal en comparación con corderos nacidos de ovejas alimentadas al 100% de los requerimientos durante toda la gestación. Congruente con estos resultados, Hales y Ozanne (2003) señalan una fuerte relación entre la restricción del crecimiento intrauterino y la incidencia de la obesidad y diabetes mellitus tipo 2 en animales y humanos. En ratas Vickers *et al.* (2000) indujeron cambios en la programación fetal a través de la restricción nutricional para, producir animales obesos, hiperfágicos e hiperleptinémicos en las crías de

madres desnutridas. También se ha reportado una fuerte relación entre la desnutrición materna, alta concentración de leptina materna y el porcentaje de grasa corporal en las crías (Ehrhardt *et al.*, 2003).

Por otra parte, varios estudios sugieren que la desnutrición y la sobrealimentación materna tienden a tener efectos similares sobre el desarrollo y características de la canal en las crías nacidas a partir de ovejas desnutridas o sobrealimentadas (Belkacemi *et al.*, 2010). La sobrealimentación en las ovejas provoca obesidad materna, lo cual influye negativamente sobre la formación de masa del músculo esquelético fetal (Zhu *et al.*, 2008). Respecto a esto, Ford *et al.* (2007) reportaron que corderos recién nacidos de ovejas obesas presentaron menor peso y mayor porcentaje de tejido adiposo en comparación con los corderos recién nacidos de ovejas testigo.

La obesidad es un factor que afecta el peso de los corderos al nacimiento, pero el grado de severidad varía de acuerdo al momento de la gestación en que se presenta la obesidad en la oveja. Cuando se presenta este padecimiento en las últimas semanas de gestación se suprime el crecimiento fetal debido a la acumulación de grasa en el espacio uterino, reduciendo espacio para el crecimiento fetal (Long *et al.*, 2010). Bazer *et al.* (2012) mencionaron que crías de ovejas obesas en la gestación tardía presentan bajos pesos, baja la producción de calostro y como consecuencia, los corderos son más susceptibles a presentar problemas de salud y menores tasas de sobrevivencia en los primeros días postparto.

2.4.2. Efecto del estrés calórico

Los efectos que tiene el estrés calórico durante la gestación sobre el desarrollo fetal son muy variados. En general, el impacto que tiene el estrés por calor sobre el desarrollo fetal

obedece a una reducción en el consumo voluntario de alimento de la oveja (Dobson *et al* 2012). Esta reducción en el consumo de alimento es un mecanismo termorregulatorio que permite a la oveja reducir la producción de calor metabólico y por ende, la carga de calor corporal (Macías-Cruz *et al.*, 2013). Además, de que las ovejas activan otros mecanismos de termorregulación para disipar el exceso de calor corporal de la oveja; entre los que se encuentran el incremento de la tasa respiratoria, redistribución del flujo sanguíneo de los órganos internos hacia la parte de la periferia (la piel y órganos respiratorios) y aumento en el consumo de agua (Cain *et al.*, 2006). Estos ajustes fisiológicos en su conjunto provocan la reducción de los niveles de nutrientes y algunas hormonas en sangre evitando que el crecimiento fetal se de en forma normal (Shelton, 2000; Marai *et al.*, 2007).

La exposición de las ovejas durante la preñez temprana a altas temperaturas ambientales puede tener consecuencias negativas en el entorno uterino, calidad del embrión, e incluso puede provocar alteraciones en el desarrollo normal de la placenta por la disminución en la concentración del factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) y el factor de crecimiento placentario (PIGF), lo que daría como resultado insuficiencia placentaria en el transporte de nutrientes y producción de corderos pequeños o enanos al nacimiento e incluso puede provocar la muerte fetal temprana (Marai *et al.*, 2008; Dobson *et al.*, 2012). En el caso de la gestación media, la carga de calor, aunque es importante, no es tan grave como lo puede llegar a ser en la gestación temprana o tardía (Dobson *et al.*, 2012). La exposición de la oveja en la gestación tardía al estrés calórico provoca diversos cambios en las concentraciones metabólicas y hormonales en el ambiente materno-uterino lo que influye directamente de forma importante en el desarrollo fetal normal (Marai *et al.*, 2008). Además de que la capacidad de consumo de

alimento disminuye por la supresión de la caja ruminal por parte del útero que contiene al feto en crecimiento (Hansen, 2009; Bernabucci *et al.*, 2010; Dobson *et al.*, 2012).

Por otro lado, se ha estimado que el crecimiento fetal en el último tercio de la gestación alcanza alrededor del 80% del peso total que tendrá al nacimiento (Johnson, 1992). Este crecimiento se puede ver afectado por la disminución del consumo de alimento debido al estrés calórico y por la supresión de la caja ruminal, que reducen la capacidad de consumo de alimento de la oveja (Marai *et al.*, 2008; Bernabucci *et al.*, 2010).

La aparente explicación fisiológica para el deficiente crecimiento fetal es que, conforme el estrés por calor es mayor, la temperatura corporal de la oveja aumenta y se da una derivación diferencial del suministro de sangre hacia los pulmones y los tejidos superficiales (piel) en un intento para disipar la excesiva carga de calor. Presumiblemente esto resulta en una reducción del suministro de energía, aminoácidos, minerales y proteínas principalmente a los órganos internos, incluyendo el útero y la placenta, resultando en una baja disponibilidad de nutrientes o una desnutrición del feto (McCarbb and Bartolussi, 1996). Cuando la temperatura corporal de la oveja excede el rango normal (38.3-39.5°C) y la temperatura de los tejidos se incrementa, se puede reducir la tasa de división celular y provocar un bajo desarrollo fetal o predisponer al feto a problemas metabólicos en la vida posterior e incluso el crecimiento de la ubre se ve afectado (Shelton, 2000; Swanson *et al.*, 2008; Belkacemi *et al.*, 2010).

2.5. Suplementación energética en la gestación

2.5.1 Impacto sobre desarrollo fetal

El desarrollo y crecimiento fetal está íntimamente relacionado con el nivel nutricional de la madre durante la gestación, y esto se ve reflejado en el peso al nacimiento de las crías y la

tasa de sobrevivencia de las mismas en el parto (Rattray, 1986). Cuando la nutrición durante la primera etapa de la gestación no es la adecuada pueden presentarse problemas en el proceso de placentación, lo que altera el flujo sanguíneo y, por consecuencia, también se afecta el crecimiento fetal, pudiéndose llegar a provocar la muerte al feto en desarrollo (Lang *et al.*, 2003; Wallace *et al.*, 2005). Contrariamente, cuando la nutrición durante este proceso es la idónea, el crecimiento fetal se da de forma normal hasta finales del segundo tercio, que es cuando el crecimiento fetal empieza a incrementar y posteriormente inicia el crecimiento de la glándula mamaria. Ambos procesos provocan que la demanda nutricional aumente sustancialmente.

Bazer *et al.* (2011) menciona que el crecimiento fetal máximo se da en el último tercio de la gestación en los mamíferos bajo condiciones normales. Un estudio realizado por estos autores evaluaron el crecimiento fetal durante los diferentes días de la gestación en ovejas alimentadas adecuadamente, encontraron que del día 50 al 100, el feto creció de 15 a 747 g, lo cual se traduce en un incremento diario de 14.64 g. No obstante del día 100 al 140 de la gestación, el feto tuvo un incremento de peso de 2.21 kg (de 747 a 2956 g), lo que significó que en esta etapa de la gestación, el feto gana alrededor del 75% del peso final.

Debido a que el mayor crecimiento del feto se produce en la parte final de la gestación, los investigadores han hipotetizado que los efectos de la variación en el consumo de nutrientes tendrían mayores efectos en la gestación tardía. Al respecto Larson *et al.* (2009) indicaron que la suplementación con proteína y energía durante la gestación tardía, así como un mayor suministro de los demás nutrientes, el peso al nacimiento de terneros se ve incrementado. Por otra parte, Muños *et al.* (2008) demostraron que ovejas restringidas durante la gestación temprana (del día 1 al 39 de la gestación) y alimentadas adecuadamente durante el resto de la gestación, parieron

corderos más pesados que las ovejas testigo, lo cual explicaron que debido a que los corderos compensaron la restricción temprana de nutrientes durante la última fase de la gestación.

En un estudio que se realizó con suplementación de corta duración previa al parto, se pudo observar, además de un aumento en la cantidad de calostro, que el calostro era menos viscoso haciéndolo más fácil para su extracción y consumo por el cordero (Banchero *et al.*, 2007). También encontraron una disminución del contenido de grasa, proteína y sólidos no grasos del calostro de las ovejas suplementadas, sin embargo, no se reflejó un mejor peso al nacimiento del cordero (Banchero *et al.*, 2007). En general, estos estudios sugieren que la suplementación energética preparto es favorable para evitar problemas de retardo en el crecimiento fetal y producir crías más pesadas al nacimiento.

2.5.2. Impacto sobre la galactogénesis

Al igual que los eventos anteriores, el inicio de la secreción láctea está influenciado por el estado nutricional de la oveja durante la gestación tardía. Mellor and Murray (1985a) encontraron que una mala alimentación durante las últimas seis semanas de gestación limita el desarrollo de la glándula mamaria y la acumulación prenatal de calostro, además de influir directamente con la producción subsecuente de calostro a las 18 horas posteriores al parto. Banchero y Quintans (2002) encontraron que la suplementación con 700 g de maíz 15 días antes del parto en ovejas gestando dobles y simples en buena condición corporal, se incrementó la producción de calostro a las 18 horas (880 vs 650g y 1430 vs 900g para ovejas gestando simples y gemelos, respectivamente). No obstante, otros autores han encontrado resultados contradictorios; por ejemplo Meyer *et al.* (2011) encontraron mayor producción de calostro (579.3 g/d) en ovejas Rambouillet alimentadas con el 100% de los requerimientos en los últimos

días de gestación comparado con ovejas alimentadas con el 60 (378.4 g/d) y 140% (423.9 g/d) de los requerimientos nutricionales en los últimos días de gestación. En este estudio concluyeron que tanto la sobrenutrición y la desnutrición afectan en forma similar la producción de calostro al parto en ovejas. Aunque este fenómeno reportado por Meyer *et al.* (2011) no fue extensivo sobre la producción de leche, considerando que la cantidad de secreción láctea a los 20 días postparto fue similar en ovejas alimentadas con el 100 (960.8 g/d) y 140% (965.5 g/d) de los requerimientos nutricionales, pero en este estudio, la producción láctea fue mayor que en ovejas subalimentadas (749.2 g/d). Por otro lado, Celi *et al.* (2008) en cabras lecheras, evaluaron el efecto de la alta (140%) y baja (60%) suplementación de los requerimientos de EM en los últimos 30 días de gestación, sobre la producción de leche durante las primeras cinco semanas de lactancia; ellos reportaron que la producción de leche fue similar en la primera semana, pero durante las siguientes semanas, el grupo de alta suplementación produjo más leche que las cabras de la suplementación baja. Similarmente, pero en vacas lecheras Holstein, Cavestany *et al.* (2009) evaluaron 21 días antes del parto, la baja suplementación (5.2 kg/vaca/día de ensilado de trigo, en base seca) contra la suplementación alta (4.7 kg de ensilado de maíz, 3.6 de salvado de trigo y 12 g de urea/vaca/día) durante 3 semanas preparto y una postparto, sobre la producción de leche durante las primeras siete semanas de lactancia; ellos reportaron que la producción de leche diaria fue mayor para las vacas de alta suplementación (24.3kg) que las de baja suplementación (20.4kg).

2.5.3. Impacto sobre el crecimiento de las crías

El crecimiento de las crías y la tasa de mortalidad post-parto están estrictamente relacionados con el peso al nacimiento de las crías y la producción láctea de la oveja. Una baja

nutrición en la gestación tardía puede alterar el crecimiento fetal y disminuir la producción de calostro inmediatamente después del parto. Además, la desnutrición preparto reduce la producción de leche en los días posteriores al parto, y como consecuencia, el peso al destete también decrece (Robinson *et al.*, 1999; Greenwood and Thompson, 2007; Kenyon, 2008). Aunque se ha evaluado el efecto de la suplementación energética en la gestación tardía sobre el peso al nacimiento de las crías, poco se ha trabajado sobre el efecto sobre el crecimiento de las crías predestete. Al respecto, Kenyon *et al.* (2010) evaluaron en ovejas en pastoreo la suplementación alimenticia en la gestación tardía (400 g/d a partir del día 90 al parto), encontrando que el peso vivo de la oveja en el periodo pre- y postparto fue mayor en suplementadas que en testigo, pero el peso al nacimiento y el crecimiento predestete de las crías no fue mejorado por efecto de la suplementación. Vonnahme *et al.* (2010) en ovejas Rambouillet, evaluaron la suplementación energética al 60, 100 y 140% de los requerimientos de EM desde el día 50 hasta el parto, reportan que la suplementación al 140% de los requerimientos, produjo corderos más pesados al parto y al destete, pero la grasa corporal en la canal fue mayor en corderos nacidos de ovejas sobrealimentadas. Por otro lado, Celi *et al.* (2008) evaluaron la suplementación energética al 80 y 140% de los requerimientos de EM en los últimos 30 días de gestación en cabras lecheras. El peso de los cabritos no se alteró al nacimiento ni a las 5 semanas de edad. Más sin embargo, el peso vivo y la condición corporal se redujo en las cabras con restricción nutricional, de tal manera que no pudieron sostener la producción láctea.

En otro estudio donde evaluaron el efecto de la suplementación los últimos 14 días de gestación en ovejas bajo condiciones de pastoreo, Godfrey and Dodson (2003) reportaron mayor producción de leche y crecimiento de las crías predestete por efecto de la suplementación. En base a los resultados de estos estudios, se considera que la suplementación energética puede

influir en la producción láctea, y como consecuencia, las crías tendrán más alimento disponible y llegaran con un mejor peso al destete.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El experimento se realizó en la Posta Ovina del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, ubicada en el Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, Baja California. Esta región se ubica geográficamente entre los 31°40' latitud norte y 114°45' longitud oeste, a una altitud de 12 msnm. El clima que predomina en la región según el sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por García (1973), se define como BW(h'), clima desértico, caluroso y muy seco con una temperatura media anual de 22°C. La temperatura máxima (45° C) y mínima (bajo 0° C) se registran en verano e invierno, respectivamente. La precipitación media anual es de 86 mm, la cual es errática y se concentra en los meses de diciembre y enero principalmente.

3.2. Animales, manejo y tratamientos

El experimento se realizó de marzo a septiembre del 2012, programando el último tercio de gestación de las ovejas en los meses de verano, de tal manera que las condiciones ambientales predominantes durante la aplicación de tratamientos fueran de estrés calórico. En marzo, un total de 30 ovejas multíparas cruzadas de raza Katahdin x Pelibuey fueron sometidas a un programa de sincronización del estro y monta natural dirigida, el cual ha sido probado en esta región con 100% de respuesta a estro y 90-95% de fertilidad (Macías-Cruz *et al.*, 2009; Macías-Cruz *et al.*, 2012). El programa de sincronización de estro consistió en introducir vía vagina a cada oveja una esponja impregnada con acetato de fluorogestona (Chronogest, Intervet, México) durante 10 d, y 24 h antes de su retiro se inyectó vía intramuscular 300 UI de eCG (Gonadotropina Coriónica Equina; Folligon, Intervet, México). Alrededor de 12 h después del retiro de la esponja, todas las

ovejas fueron expuestas a tres sementales de raza Dorper para recibir dos montas naturales, una al momento de la presentación del estro y la segunda 12 h después. A los 60 d post-servicio, todas las ovejas fueron revisadas para detección de preñez con un ultrasonido portátil (ESAOTE Pie Medical, Modelo Tringa Linear Vet, Transductor de 3.5 Mhz).

Posteriormente, se reconfirmó la preñez el d 94 de gestación y se seleccionaron 24 ovejas con condición corporal promedio de 3.0 (escala de 1-5, 1=muy flaca, 5=muy gorda, Russel *et al.*, 1969) y peso vivo promedio de 51.0 kg. Las ovejas se asignaron bajo un diseño de bloques completamente al azar a uno de dos tratamientos (n=12), considerando como factor de bloqueo el peso vivo inicial. Los tratamientos experimentales consistieron en dietas experimentales isoproteicas (~11.5% PC) que contenían los siguientes niveles de energía metabolizable (EM): 1) 2.4 Mcal/kg de materia seca ([MS] testigo) y 2) 3.0 Mcal/kg de MS (suplementado). Las ovejas testigo se alimentaron con el nivel de energía recomendado por NRC (2007) para gestantes en último tercio y las suplementadas recibieron 25% más de EM que las testigos (Cuadro 1). Las dietas se ofrecieron mañana (07:00 h) y tarde (18:00 h) en proporción 50:50, mientras que el agua fue *al libitum*. Se consideró periodo de adaptación del d 94 al 100 de gestación y como periodo experimental del d 100 al parto.

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales.

Ingredientes (%)	Testigo	Suplem	Composición química (base seca)	Testigo	Suplem
Paja de trigo	40.0	0.0	Materia seca (%)	91.1	91.4
Heno de Sudán	0.0	20.0	Materia orgánica (%)	80.5	84.5
Trigo molido	32.0	46.0	Proteína cruda (%)	11.5	11.8
Harina de soya	4.0	7.0	Fibra detergente neutra (%)	43.6	29.1
Semilla de algodón	13.0	14.0	Fibra detergente ácida (%)	29.1	13.7
Melaza	9.0	4.0	Hemicelulosa (%)	14.5	15.4
Aceite de soya	0.0	6.5	Cenizas (%)	10.5	6.9
Premezcla	0.5	0.5	Energía metabolizable (Mcal/kg)	2.4	3.0
Sal común	0.2	0.2			
Ortofosfato	0.5	0.6			
Piedra caliza	0.8	1.2			

3.3. Manejo postparto

A partir del d 144 de gestación, las ovejas estuvieron en permanente observación las 24 h del día hasta que pario la última oveja (~d 150). Las ovejas que presentaron problemas para expulsar la cría fueron ayudadas manualmente. Al momento del parto, se dejó que la madre reconociera y limpiara a su cría, posteriormente se alojaron en otro corral destinado para ovejas paridas. En la segunda semana después de que pario la última oveja, se construyó una corraleta dentro de cada corral para ofrecer “alimentación protegida” a los corderos (50% alfalfa, 20% harina de soya y 30% trigo molido). Este alimento se ofreció hasta el d 60 postparto. En el caso de las madres, la alimentación fue similar para todas las ovejas durante el periodo postparto, la cual correspondía a la ofrecida al grupo testigo.

3.4. Instalaciones

Al inicio del experimento todas las ovejas permanecieron en un corral común y posteriormente, del día 94 al parto, las ovejas fueron colocadas en dos corrales (4x4 m), uno por cada tratamiento. En el periodo postparto, las ovejas que iban pariendo se colocaban en otros dos corrales, también respetando los tratamientos. Cada corral estuvo equipado con sombra de lámina galvanizada, comederos y bebederos móviles. Las paredes de los corrales eran de malla electro soldada para permitir un correcto movimiento del flujo de aire.

3.5. Mediciones y muestreos

3.5.1. Mediciones de peso vivo y condición corporal

El peso y la condición corporal de las ovejas de ambos grupos se registraron al d 100 y 145 de gestación, asimismo, al parto y cada 10 d postparto hasta el destete (d 60 de lactancia). Se

utilizó una báscula de piso con plataforma y corral con capacidad de 500 kg para registrar el peso vivo, mientras que la condición corporal se midió en base a la escala de 1 a 5 (1=muy flaca y 5=muy gorda) en los mismos días que fueron pesadas.

3.5.2. Desarrollo de ubre y secreción láctea

El desarrollo de la ubre se determinó registrando diferentes mediciones de morfología de ubre y pezón, basado en la metodología descrita por Bencini and Purvis (1990) y Ünal *et al.* (2008). Las mediciones se realizaron en los días 130, 135, 140 y 145 de gestación, asimismo, al momento del parto, y en los días 10, 20 y 30 postparto. Para el caso de la ubre se midió: profundidad, circunferencia, ancho y distancia de la ubre al piso. Para el pezón se midió: profundidad, circunferencia, ancho y distancia entre tetas. A partir de los datos colectados se calculó el volumen de la ubre con la siguiente formula (Ünal *et al.*, 2008):

$$VU(ml) = \left(\frac{4}{3}\right) \pi r^3 / 2$$

$$r(cm) = (U1 + U2) / 2\pi$$

Dónde:

r(cm)= Radio de la ubre promedio.

VU= Volumen de la ubre (ml.).

U1= Semicircunferencia lateral (cm.).

U2= semicircunferencia longitudinal (cm.).

$\pi = 3.1416$

La producción y composición del calostro se evaluaron a las 0, 12 y 24 horas postparto. Al parto, las ovejas fueron inyectadas vía intramuscular con 1 ml de oxitocina para facilitar la eyección del calostro, y después de 1 ó 2 min se procedió a la ordeña manual total del medio derecho. Una vez que se extrajo el total de calostro del medio derecho en un vaso de vidrio, se depositó en una probeta de 500 ml para medir el volumen y después se pesó en una báscula electrónica con capacidad de 1 kg. Posteriormente se tomaron muestras de 50 ml para determinar los porcentajes de proteína, grasa, sólidos no grasos y densidad usando un analizador de leche portátil (LactiCHECKTM Milk Analyzer, MA, USA). Dependiendo de la viscosidad del calostro, se diluyó con agua destilada a una proporción de 4:1 ó 2:1. Similar procedimiento se repitió a las 12 y 24 h postparto. El pezón derecho se selló con cinta metálica para garantizar que no fuera succionado por las crías en el inter de cada medición.

La producción diaria y composición de leche se midió al d 10, 20 y 30 postparto usando una metodología similar a la aplicada para la evaluación del calostro. Solamente que para garantizar que la producción medida fuera representativa de las 24 h, el día del muestreo de las crías se separaban de su madre durante 6 h, posteriormente se juntaban durante 30 min para permitir que mamarán lo producido en ese periodo de tiempo, y nuevamente se volvían a separar durante 6 h para proceder a la ordeña total manual del pezón derecho aplicando oxitocina, como se hizo al momento de medir calostro (Ünal *et al.*, 2008). La cantidad obtenida en las 6 h se multiplicó por 4 tiempos, lo cual permitió estimar la producción de leche por 24 h.

3.5.3. Desarrollo predestete de las crías

Al momento del parto se registró el sexo, el tipo de parto y el peso de las crías, asimismo se identificaron individualmente con numeración progresiva. Posteriormente, se

pesaron cada 10 d hasta el destete (60 días) para calcular la ganancia diaria de peso. Los corderos nacidos muertos o que murieron durante el periodo predestete se registraron para calcular la mortalidad de 0 a 30 días, de 31 a 60 días y la mortalidad acumulada.

3.5.4. Medición de variables climáticas

La información climática fue obtenida de la Estación Meteorológica de Ingeniería de la UABC, localizada a 20 km del sitio experimental. La temperatura ambiental (T, °C) y la humedad relativa (HR, %) fueron registradas cada hora durante todo el periodo experimental, pre- y postparto. El índice de temperatura-humedad (ITH) fue calculada usando la fórmula propuesta por Hahn (1999):

$$ITH = (0.81 \times T_{db}) + \left[\left(\frac{HR}{100} \right) \times (T_{db} - 14.4) \right] + 46.40$$

Dónde:

ITH= índice temperatura-humedad.

T_{db}= Temperatura del bulbo seco (°C).

HR= Humedad relativa

3.6. Análisis estadístico

El peso vivo, la condición corporal, desarrollo de ubre y secreción láctea (calostro y leche) fueron analizados como un diseño de bloques completamente al azar con mediciones repetidas en el tiempo. El modelo incluyó peso vivo como factor de bloqueo, régimen de alimentación, días y la interacción régimen de alimentación x días. Como la interacción no fue

significativa para desarrollo de ubre y secreción láctea, las comparaciones de medias se realizaron con la prueba de Tukey entre regímenes de alimentación y polinomios ortogonales fueron aplicados para días u horas, según el caso, declarando diferencias a una $P < 0.05$. En el caso de peso al nacimiento y crecimiento predestete de las crías, se realizó un análisis de varianza bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 2×2 , donde el modelo incluyó a sexo como factor de bloqueo y los factores de estudio régimen de alimentación, tipo de parto y la interacción entre factores. La interacción no fue significativa y consecuentemente, las comparaciones de medias se realizaron con una prueba de Tukey entre niveles de factores principales a una $P < 0.05$. La tasa de mortalidad fue analizada con una prueba de chi-cuadrada. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS (2004), usando los procedimientos MIXED (mediciones repetidas), GLM (factores fijos), FREQ (porcentajes) y polinomios ortogonales.

IV. RESULTADOS

4.1. Condiciones climáticas

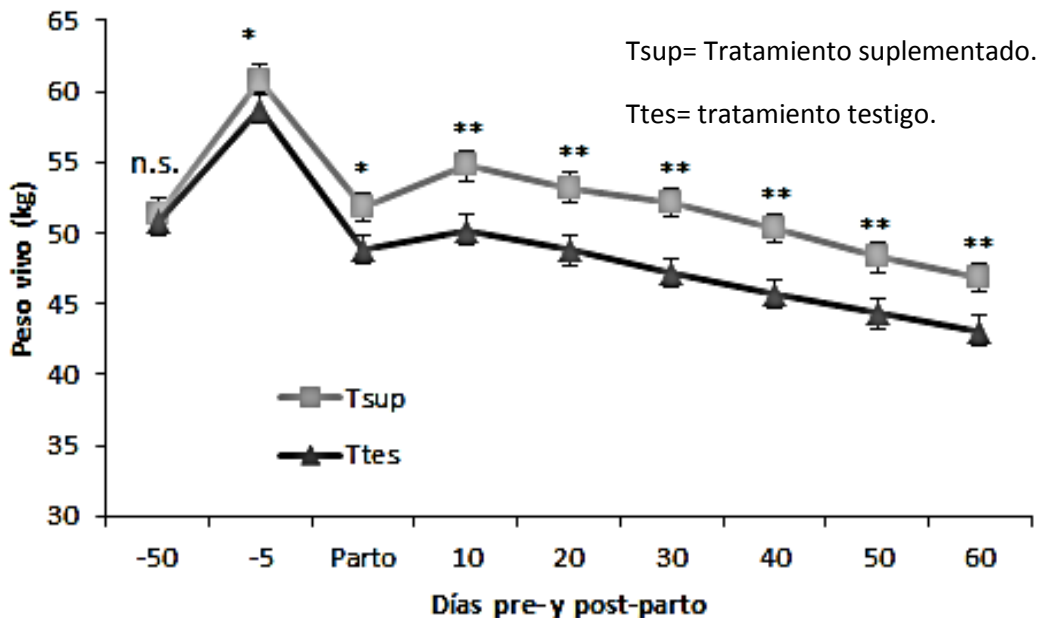
Las condiciones climáticas registradas durante el periodo experimental se presentan en el Cuadro 2. Los promedios en el preparto para temperatura, humedad relativa e ITH fueron 32.53°C, 35.17% y 80.3 unidades, respectivamente. En el postparto, los valores promedios de dichas variables climáticas fueron de 33.36° C para temperatura, 45.73% para humedad relativa y 81.39 unidades para ITH. Cabe mencionar que en el periodo postparto se observaron valores máximos más altos para todas las variables del clima medidas. Lo cual propicio que las condiciones ambientales fueran ligeramente más severas en el postparto que en el preparto para las ovejas experimentales.

Cuadro 2. Promedios de temperatura, humedad relativa e índice temperatura-humedad durante el periodo experimental.

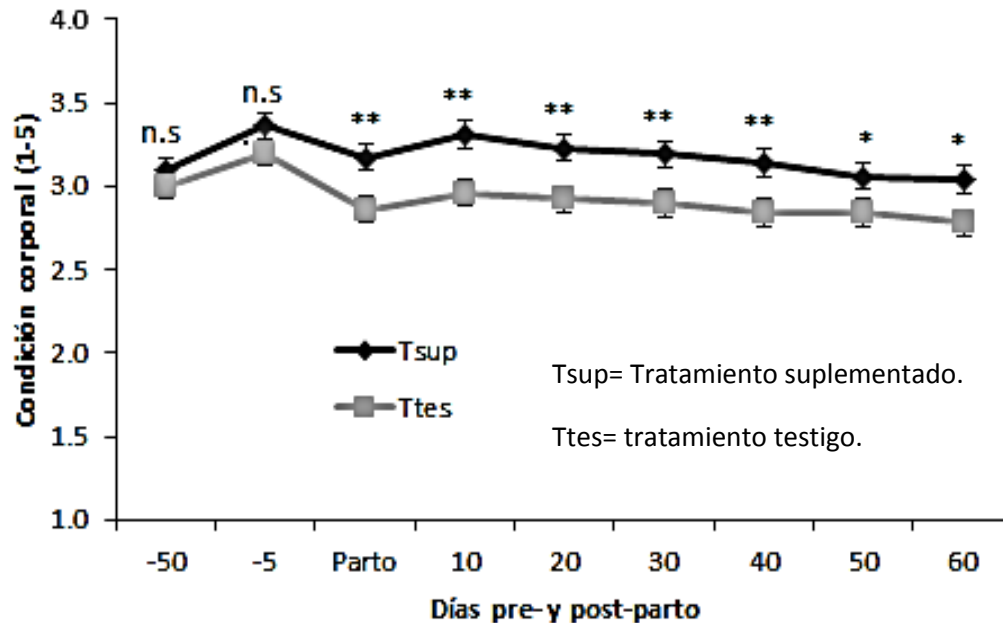
	Preparto	Postparto
	Junio-julio	agosto-septiembre
Temperatura (° C)		
Máxima	40.15	45.90
Mínima	22.60	21.46
Promedio	32.53	33.36
Humedad relativa (%)		
Máxima	77.83	91.0
Mínima	11.50	11.0
Promedio	35.17	45.73
Índice de Temperatura-humedad (unidades)		
Máxima	85.0	89.70
Mínima	67.0	67.14
Promedio	80.3	81.39

4.2. Peso vivo y condición corporal

El peso vivo y la condición corporal de ovejas de pelo durante el preparto y postparto por efecto de la suplementación energética se muestran en las Gráficas 1 y 2. Al día 100 de gestación, el peso vivo (Gráfica 1) y la condición corporal (Gráfica 2) fueron similares ($P>0.05$) entre ambos grupos, pero para el día 145 de gestación, las ovejas suplementadas tuvieron mayor peso ($P<0.05$) que las testigo, no siendo así en la condición corporal, la cual fue similar ($P>0.05$) entre ambos grupos. Desde el parto hasta los 60 d postparto, las ovejas suplementadas en el último tercio de gestación presentaron mayor ($P<0.05$) peso y condición corporal que las oveja testigo. No obstante, ambos grupos de ovejas perdieron ($P<0.05$) peso y condición corporal entre el d 10 y 60 postparto, siendo más notorio en ovejas testigo.



Gráfica 1. Efecto del régimen alimenticio preparto en ovejas de pelo estresadas por calor sobre el peso vivo (* $P<0.05$, ** $P<0.01$ y n.s.= no significativo).



Gráfica 2. Efecto del régimen alimenticio preparto en ovejas de pelo estresadas por calor sobre la condición corporal (* P<0.05, **P<0.01 y n.s.= no significativo).

4.3. Caracterización morfométrica de la ubre

Los resultados de morfología de ubre y pezón preparto por efecto del régimen de alimentación ofrecido en el último tercio de gestación en ovejas de pelo se muestran en el Cuadro 3. La interacción régimen de alimentación x día de gestación no fue significativa ($P>0.05$) para ninguna característica de ubre y pezón. En general, la morfología de la ubre no fue afectada ($P>0.05$) por la suplementación energética que se le dio a las ovejas durante los últimos 50 d antes del parto. No obstante, algunas características del pezón si fueron afectadas, siendo mayor ($P<0.05$) la circunferencia y el ancho en ovejas testigo comparado con suplementadas. La profundidad y la distancia entre pezones no varió ($P>0.05$) entre tratamientos. En el caso de efecto de día de gestación, se observó que la profundidad, la circunferencia, el ancho y el volumen de la ubre incrementaron linealmente ($P<0.05$) del d 130 al 145 de gestación; mientras que la distancia de la ubre al piso presentó un efecto cuadrático ($P<0.05$) a través de los

días de gestación, siendo mayor al d 130 y menor al d 145 de gestación. Todas las características morfométricas del pezón presentaron un efecto lineal ($P<0.05$) entre los días de gestación. Mientras que la profundidad del pezón se redujo del d 130 al 145 de gestación, la circunferencia, el ancho y la distancia entre tetas se incrementó.

Cuadro 3. Efecto del régimen de alimentación y días de gestación sobre la morfología de la ubre en el parto de ovejas de pelo estresadas por calor.

	Tratamientos			Días parto				
	Testigo	Suplem	E.E.	130	135	140	145	E.E.
Ubre (cm)								
Profundidad ¹	14.92a	14.10a	0.9	13.52	14.38	14.60	15.54	0.66
Circunferencia ¹	39.38a	39.35a	1.54	37.24	38.10	40.28	41.86	1.23
Ancho ¹	12.97a	13.27a	0.51	12.31	13.01	13.36	13.79	0.45
Distancia ubre-piso ¹	30.56a	30.41a	0.74	31.80	30.41	30.33	29.38	0.57
Volumen (mL) ¹	1965a	1884a	225	1603	1798	1996	2301	169
Pezón (cm)								
Profundidad ¹	2.49a	2.26a	0.09	2.43	2.41	2.35	2.31	0.09
Circunferencia ¹	5.14a	4.61b	0.11	4.79	4.85	4.92	4.98	0.08
Ancho ¹	1.63a	1.33b	0.06	1.54	1.59	1.66	1.72	0.06
Distancia entre tetas ¹	11.79a	12.95a	0.72	11.66	12.03	12.61	13.18	0.53

a,b letras diferentes entre tratamientos indican diferencias a $P<0.05$.

¹ Indica efecto lineal entre días parto a $P<0.05$.

Los resultados de morfología de ubre y pezón postparto por efecto del régimen de alimentación ofrecido en el último tercio de gestación en ovejas de pelo se muestran en el Cuadro 4. La interacción régimen de alimentación x día de gestación no fue significativa ($P>0.05$) para ninguna característica de ubre y teta. Dentro de la morfología de ubre, solamente el volumen fue afectado ($P<0.05$) por el régimen de alimentación, siendo 8.8% mayor ($P<0.05$)

en ovejas testigo que en las suplementadas. En relación a la morfología de pezón, solamente distancia entre tetas no varió ($P>0.05$) entre regímenes de alimentación, ya que profundidad, circunferencia y ancho fueron mayores ($P<0.05$) en ovejas testigo que en las suplementadas. Por otra parte, profundidad y ancho de ubre presentaron un efecto lineal negativo ($P<0.05$) y distancia ubre-piso lineal positivo ($P<0.05$) como pasaron los primeros 30 d postparto. La circunferencia y el volumen de ubre presentaron un efecto cuadrático ($P<0.05$) del día 0 al 30 postparto, siendo mayor los valores promedios de ambas variables al día 10. En relación a pezón, su profundidad, circunferencia y distancia entre tetas presentaron un efecto lineal negativo ($P<0.05$) entre el día 0 y 30 postparto. El ancho de la ubre no presentó ningún efecto ($P>0.05$) en los primeros 30 d postparto.

Cuadro 4. Efecto de régimen de alimentación y días de lactancia sobre la morfología de la ubre en el postparto de ovejas de pelo estresadas por calor.

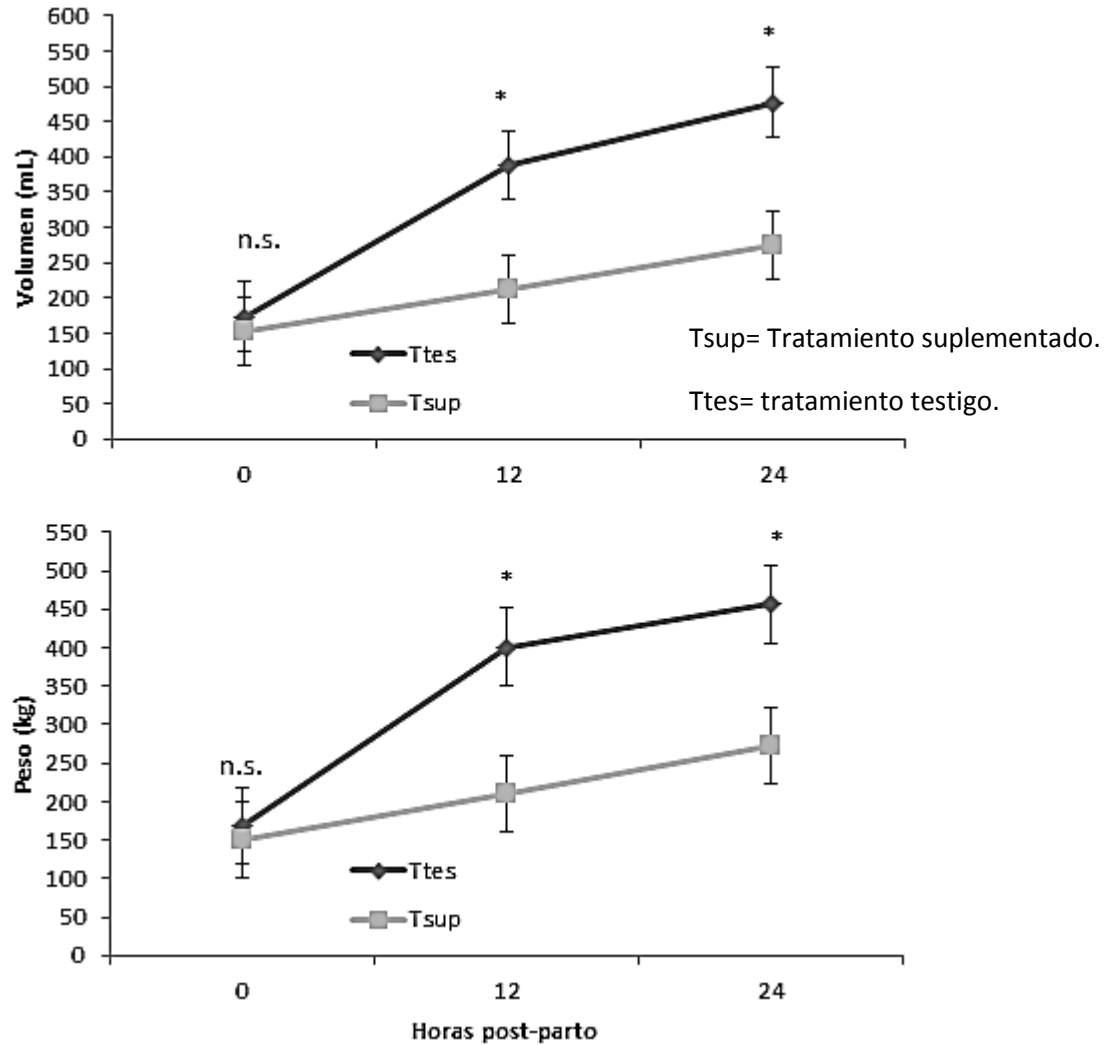
	Tratamientos			Días postparto				
	Testigo	Suplementada	E.E.	0	10	20	30	E.E.
Ubre (cm)								
Profundidad ¹	16.63a	15.72a	0.55	16.55	16.51	16.26	15.40	0.46
Circunferencia ²	47.09a	45.41b	0.82	47.53	47.97	46.21	43.28	0.81
Ancho ¹	14.14a	14.01a	0.41	14.45	14.37	14.24	13.23	0.32
Distancia ubre-piso ¹	30.26a	30.82a	0.75	29.32	30.51	31.49	31.85	0.61
Volumen (mL) ²	3033a	2766b	165	3133	3147	2896	2422	150
Teta (cm)								
Profundidad ¹	2.92a	2.63b	0.13	3.05	2.75	2.69	2.63	0.12
Circunferencia ¹	5.35a	4.80b	0.12	5.37	5.23	4.86	4.84	0.15
Ancho ^{se}	1.78a	1.56b	0.05	1.65	1.70	1.68	1.65	0.06
Distancia entre tetas ¹	14.03a	13.92a	0.71	14.75	14.34	13.94	12.87	0.54

^{a,b} letras diferentes entre tratamientos indican diferencias a $P<0.05$.

¹ Indica efecto lineal, ² efecto cuadrático y ^{se} sin efecto entre días postparto a $P<0.05$.

4.4. Producción y composición de calostro y leche

Los resultados de producción de calostro por efecto de la interacción régimen de alimentación x tiempo postparto se muestran en la Gráfica 3. Al parto (0 h), el peso y el volumen del calostro no fueron afectados ($P>0.05$) por la suplementación preparto; sin embargo, a las 12 y 24 h postparto, la suplementación redujo ($P<0.05$) el volumen y el peso del calostro.



Gráfica 3. Volumen y peso de calostro producido a las 0, 12 y 24 h postparto en ovejas testigo y suplementadas bajo estrés calórico (* $P<0.05$ y n.s.= no significativo).

Los resultados de composición de calostro (proteína, grasa, sólidos no grasos y densidad) por efecto del régimen de alimentación y tiempo postparto se muestran en el Cuadro 5. La interacción régimen de alimentación x tiempo postparto no afectó ($P>0.05$) los componentes del calostro. La suplementación energética en el último tercio de gestación solamente afectó la densidad del calostro, siendo mayor ($P<0.05$) en ovejas testigo que en suplementadas (70.62 vs. 61.68 ± 3.70 g/cm³). Con respecto al efecto de tiempo postparto, se observó un efecto lineal negativo ($P<0.05$) entre las 0 y 24 h postparto para todos los componente del calostro medidos.

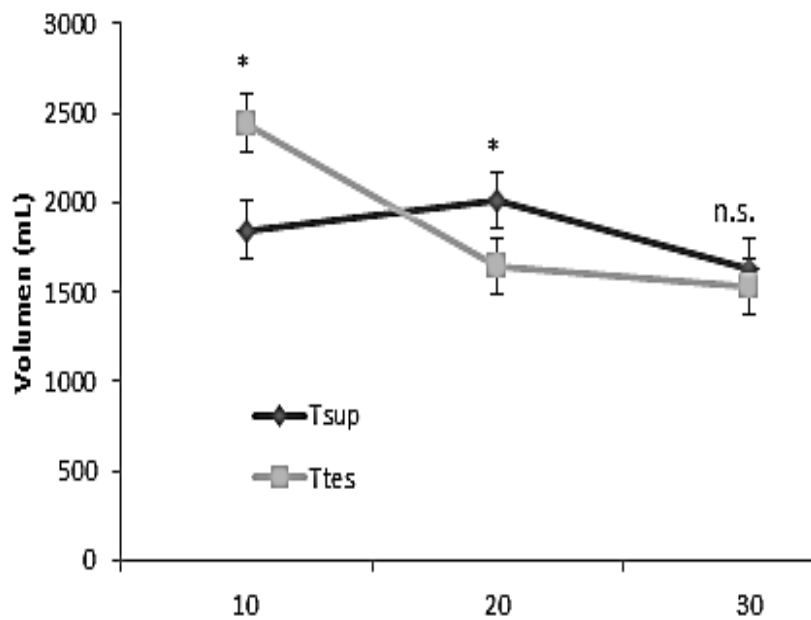
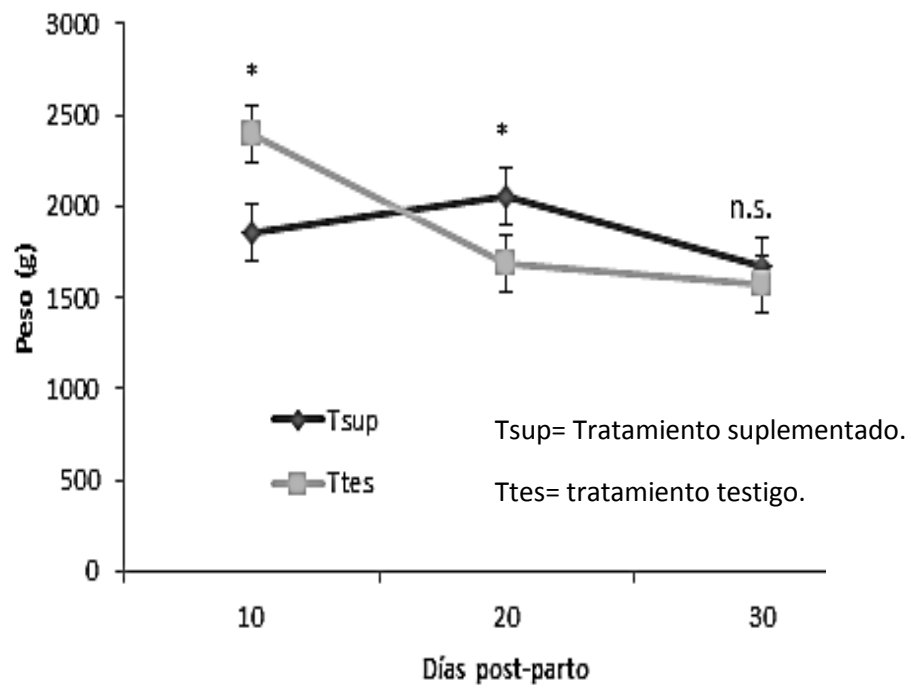
Cuadro 5. Componentes del calostro producido a las 0, 12 y 24 horas postparto en ovejas testigo y suplementadas bajo estrés calórico.

Composición	Tratamientos			Tiempos post-parto (h)			
	Testigo	Suplementada	E.E.	0	12	24	E.E.
Proteína (%) ¹	9.73a	9.10a	1.0	13.2	9.42	5.62	0.83
Grasa (%) ¹	13.32a	10.68b	0.85	13.87	11.87	10.26	0.70
SNG (%) ¹	24.62a	23.67a	1.54	30.89	23.96	17.58	1.15
Densidad (g/cm ³) ¹	70.62 ^a	61.68b	3.70	80.35	69.03	49.07	3.00

^{a,b} letras diferentes entre tratamientos indican diferencias a $P<0.05$.

¹ Indica efecto lineal entre las horas post-parto a $P<0.05$.

Los resultados de producción de leche por efecto de la interacción régimen de alimentación x tiempo postparto se muestran en la Gráfica 4. El peso y volumen de leche a los 10 d postparto fue mayor ($P>0.05$) en ovejas testigo que suplementadas, pero a los 20 d, el resultado fue inverso ($P<0.05$), mientras que a los 30 d, tanto el volumen como el peso fueron similar ($P>0.05$) entre grupos experimentales.



Gráfica 4. Volumen y peso de la leche producida a los 10, 20 y 30 d postparto en ovejas testigo y suplementadas bajo estrés calórico (* $P < 0.05$ y n.s.= no significativo).

Los resultados de composición de leche (proteína, grasa, sólidos no grasos y densidad) por efecto del régimen de alimentación y tiempo postparto se muestran en el Cuadro 6. La interacción régimen de alimentación x tiempo postparto no afectó ($P>0.05$) los componentes de la leche.

Cuadro 6. Composición de la leche producida a los 10, 20 y 30 d postparto en ovejas testigo y suplementadas bajo estrés calórico.

Composición	Tratamientos			Días post-parto			
	Testigo	Suplementada	E.E.	10	20	30	E.E.
Proteína (%) ¹	5.35a	5.30 ^a	0.10	5.74	5.52	4.71	0.13
Grasa (%) ¹	6.35a	6.46a	0.29	6.68	5.94	5.60	0.31
SNG(%) ¹	10.98a	11.01a	0.11	11.40	10.80	10.19	0.19
Densidad (g/cm ³) ¹	32.85a	32.62a	0.55	33.74	32.95	31.46	0.62

^{a,b} letras diferentes entre tratamientos indican diferencias a $P<0.05$.

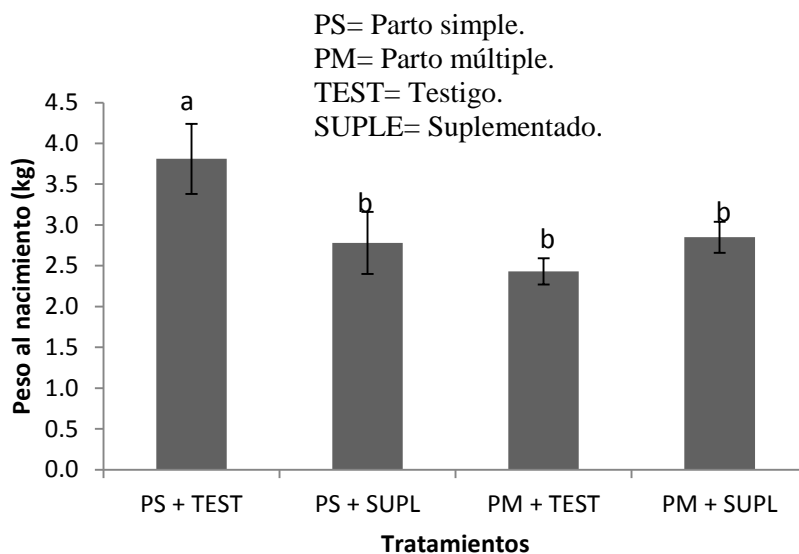
¹ Indica efecto lineal entre días post-parto a $P<0.05$.

La composición de la leche no fue afectada ($P>0.05$) por la suplementación preparto. Por otro lado, el contenido de proteína, SNG y densidad en leche presentaron un efecto lineal negativo ($P<0.05$) conforme los días de lactancia avanzaron de d 10 al 30 postparto, y en caso particular del contenido de grasa, se observó un efecto cuadrático ($P<0.05$), detectándose el valor promedio más alto al d 10.

4.5. Desarrollo pre-destete de las crías

Los resultados de peso al nacimiento por efecto de la interacción régimen de alimentación x tipo de parto se presentan en la Gráfica 5. Los corderos de parto sencillo nacidos de ovejas testigos (3.81 ± 0.50 kg) presentaron mayor peso al nacimiento ($P<0.05$) que corderos de parto

múltiple nacidos de ovejas alimentadas como testigo o suplementadas en el parto, asimismo corderos de parto sencillo nacidos de ovejas suplementadas. El peso al nacimiento no varió ($P>0.05$) entre corderos de parto sencillo y múltiple de ovejas suplementadas, o corderos de parto sencillo nacidos de ovejas suplementadas.



Gráfica 5. Peso al nacimiento de las crías por efecto de la interacción régimen de alimentación x tipo de parto (a,b letras diferentes entre tratamientos indican diferencias a $P<0.05$).

Los resultados de crecimiento predestete de las crías nacidas a partir de ovejas suplementadas y testigo se muestran en el Cuadro 7. La interacción régimen de alimentación x tipo de parto no afectó ($P>0.05$) el crecimiento y la mortalidad pre-destete de las crías. Igualmente, el peso vivo, la ganancia diaria de peso y el porcentaje de mortalidad de los corderos no fueron afectados ($P>0.05$) por el régimen de alimentación ofrecido a las ovejas en el último tercio de gestación. Por otra parte, tipo de parto alteró ($P<0.05$) el crecimiento de las crías, siendo mayor el peso vivo (30 y 60 d) y la ganancia diaria de peso (0-30 d, 30-60 d y 0-60 d) en corderos de parto sencillo que en aquellos de parto múltiple. La tasa de mortalidad fue mayor ($P<0.05$) a los 30 y 60 d en corderos de parto múltiple en relación a los de parto sencillo, pero

entre los 30 y 60 d dicha mortalidad fue similar ($P>0.05$) entre corderos de parto sencillo y múltiple.

Cuadro 7. Efecto de régimen de alimentación y tipo de parto sobre el desarrollo pre-destete de las crías nacidas de ovejas estresadas por calor alimentadas como testigo o suplementadas.

	Tratamientos			Tipo de parto		
	Testigo	Suplementada	E.E.	Sencillo	Múltiple	E.E.
Peso (kg)						
30 d	8.61a	7.95a	0.51	9.62a	6.94b	0.48
Destete	12.19a	12.99a	0.72	14.50a	10.68b	0.68
GDP (g)						
0 - 30 d	181.67a	168.85a	12.08	210.69a	139.82b	12.45
30 - 60 d	163.96a	154.07a	16.04	162.50a	123.72b	14.52
0 - 60 d	163.96a	154.07a	11.10	186.58a	131.45b	10.36
Mortalidad (%)						
0 - 30 d	16.00 (4/25)a	15.00 (3/20)a	---	0.00 (0/7)a	18.42 (7/38)b	---
30 - 60 d	0.00 (0/25)a	5.00 (1/20)a	---	0.00 (0/7)a	2.63 (1/38)a	---
0 - 60 d	16.00 (4/25)a	20.00 (4/20)a	---	0.00 (0/7)a	21.05 (8/38)b	---

^{ab} literales diferentes entre columnas indican diferencia estadística ($P<0.05$).

V. DISCUSIÓN

5.1. Condiciones climáticas

De acuerdo a las condiciones climáticas y a las unidades de ITH calculadas, las ovejas estudiadas estuvieron expuestas a un ambiente de estrés calórico (>72 unidades), el cual fue de tipo moderado (ITH >79 y <88 unidades; Avendaño-Reyes, 2012). Varios estudios realizados en ovinos de lana gestantes señalan que condiciones de estrés calórico provocan retardo en el crecimiento fetal (Bell *et al.*, 1989; McCrabb and Bartolussi, 1996) como consecuencia de una reducción en el consumo de alimento, redirección del flujo sanguíneo hacia la periferia preferentemente y reducción de la perfusión en la vasculatura placentaria (Hansen, 2009). La capacidad de transporte de glucosa que cruza a la placenta también es reducida por el estrés calórico materno y esto involucra una reducción de la expresión de los genes de GLUT8 en los cotiledones placentarios (Limesand *et al.*, 2004). Cabe mencionar que estos efectos de retardo en el crecimiento fetal y expresión de genes durante la gestación, provocan serias repercusiones sobre el desarrollo y capacidad de sobrevivencia de las crías en su vida postparto (Bell *et al.*, 1989). Por lo tanto, las estrategias de suplementación energética en la gestación son una alternativa para evitar problemas de retardo en el crecimiento fetal. En ovinos de lana varios estudios se han realizado al respecto pero en ovinos de pelo no existen. La generación de este conocimiento es de gran importancia para establecer programas de alimentación estratégicos para incrementar la productividad de los rebaños de ovinos de pelo bajo condiciones de altas temperaturas.

5.2. Peso vivo y condición corporal

La suplementación energética durante el último tercio de gestación mejoró el peso vivo y la condición corporal en las ovejas de pelo en todo el periodo postparto. Este resultado es explicado por dos factores: 1) balance energético al parto y 2) niveles de producción de calostro y leche. En primera, las ovejas suplementadas parieron con mayor peso vivo que las ovejas testigo. Además, la producción de calostro y leche fue menor en las ovejas suplementadas. Así, estas situaciones favorecieron que las ovejas suplementadas removieran menos reservas corporales que las no suplementadas por efecto de lactación en el postparto. Cabe mencionar, que la alimentación postparto para ambos grupos fue similar, basado en los requerimientos indicados por el NRC (2007), para ovejas lactando.

Un estudio previo realizado por Chávez *et al.* (1994), donde evaluaron diferentes niveles de suplementación con energía metabolizable del día 50 al parto en ovejas Pelibuey no estresadas por calor, encontraron resultados similares al de este estudio, es decir, mejor peso vivo y condición corporal al parto, y en general en el periodo postparto, por efecto de la suplementación. Otros estudios hechos en cabras (Laporte-Broux *et al.*, 2011), bovinos de carne (Larson *et al.*, 2009) y bovinos de leche (Cavestany *et al.*, 2009), también reportaron una mejora en el estado corporal de las hembras por efecto de la suplementación con granos en el preparto.

5.3. Morfometría de la ubre y pezón

Se ha estimado que alrededor del 90% del desarrollo de la glándula mamaria se da en la gestación tardía, y el resto durante la lactancia (10%); al menos hasta poco antes de alcanzar el pico de producción (Knight and Peaker, 1982). Knight *et al.* (2000) reportaron que la población de células secretoras mamarias aumenta exponencialmente durante la gestación tardía debido a

una alta tasa de división celular, aunque dicha división celular puede ser limitada por el nivel y tipo de alimentación preparto y postparto. Algunos estudios realizados por Banchemo *et al.* (2004, 2006, 2007) con ovejas de lana, demostraron que la suplementación preparto mejora el desarrollo de ubre. No obstante, en un estudio realizado por Swanson *et al.* (2008) reportaron que la alimentación deficiente (60%) o excesiva (140%) durante los últimos 50 d preparto afectan negativamente el desarrollo de la ubre en ovejas de lana. En ovejas de raza de pelo no se encontró ningún estudio donde hayan evaluado la morfología de la ubre y el pezón por efecto de la alimentación preparto. Sin embargo, en el presente estudio no se encontró efecto de suplementar con 25% de energía sobre el desarrollo de la ubre y el pezón en el periodo preparto; pero en el postparto, la suplementación redujo la circunferencia y el volumen de la ubre, asimismo el desarrollo del pezón. Dichos resultados coinciden parcialmente con los reportados por Swanson *et al.* (2008).

Las fallas observadas en el desarrollo de la ubre durante el postparto por efecto de la suplementación energética pueden deberse a la menor producción de calostro y leche en los primeros días postparto observado para ovejas suplementadas. Esto considerando que las diferentes medidas morfométricas de ubre se realizaron antes del ordeño. Al respecto, Ayadi *et al.* (2011) encontraron en ovejas lecheras Sicilo-Sarde una correlación positiva entre producción de leche y volumen y profundidad de la ubre. Similarmente, en ovejas Bergamasca (Emediato *et al.*, 2008) y Ghezel (Izadifard and Zamiri, 1997) reportaron una correlación positiva entre producción y algunas características de desarrollo de ubre en el postparto.

En este estudio se observó que la circunferencia y el ancho del pezón fue menor en ovejas suplementadas tanto en el pre- como en el postparto, lo cual puede ser explicado por la producción láctea. Sin embargo, estudios realizados en razas diferentes a las usadas en el

presente trabajo sugieren nula relación entre estas características de pezón y nivel de producción de leche (Emediato *et al.*, 2008; Ayadi *et al.*, 2011). Estudios donde se relacione características morfométricas de ubre y pezón con producción de leche en ovinos Pelibuey son necesarios, con el objeto de establecer la relación correcta para esta raza en específico. Cabe mencionar que no se encontró ninguna investigación al respecto para esta raza o alguna similar desarrollada bajo condiciones de México.

Se observó que las dimensiones de la ubre y el pezón se incrementaron linealmente conforme el parto se hizo eminente (d 130 al parto). El mayor desarrollo de ubre en el preparto provocó que la distancia de ubre-piso y la profundidad del pezón se redujeran con la aproximación del momento del parto. Estos resultados obedecen a que las células galactóforas se incrementan exponencialmente en el preparto, de tal manera que 90% del desarrollo de la glándula mamaria se da en esta etapa de la gestación (Knight and Peaker, 1982; Knight *et al.*, 2000). Acorde a los resultados obtenidos, Banchemo *et al.* (2004, 2006) reportaron que el volumen de la ubre se incrementaba positivamente al parto.

Cabe mencionar que en el postparto, el desarrollo de la ubre y el pezón no se incrementaron linealmente como se observó en el preparto, contrariamente decrecieron en forma lineal y cuadrática del parto a los 30 días postparto. Una explicación a dichos resultados es que conforme los días de lactación van avanzando, la dependencia del consumo de leche de la cría para sobrevivir va reduciendo, ya que comienza a consumir alimentos sólidos. Esta situación conlleva a que la frecuencia de vaciado de las cisternas de la glándula mamaria y el pezón sea menor, provocando la reducción de células secretoras y de tejido mamario (Ayadi *et al.*, 2011). Resulta importante mencionar, que a diferencia de los estudios citados, en este estudio se les

ofreció “alimentación protegida” a los corderos a partir de la segunda semana de nacidos, lo cual pudo provocar un distanciamiento más temprano de la cría con la madre.

5.4. Producción y composición de calostro

Se esperaba que la producción de calostro incrementara y su composición mejorara por efecto de la suplementación energética durante el último tercio de gestación, ya que estudios previos realizados en ovejas de lana habían reportado este tipo de resultados (Banchero *et al.*, 2004, 2006 y 2007; Hashemi *et al.*, 2008). Sin embargo, en la presente investigación la producción de calostro se redujo por efecto de la suplementación, asimismo, el contenido de grasa y densidad disminuyeron. Posiblemente estos resultados estén relacionados con el uso de aceite de soya como fuente de suplementación de energía. Estudios realizados para probar el uso de aceite de soya (Chilliard *et al.*, 2001; Shingfield *et al.*, 2006; Almeida *et al.*, 2013) o aceite de pescado (Capper *et al.*, 2006; Annet *et al.*, 2008 y 2009) en la alimentación de rumiantes gestantes, ambos ricos en ácidos grasos de cadena larga, indicaron que su biohidrogenación durante la fermentación ruminal promueve un incremento en la síntesis de ácidos grasos de tipo C18:2 t10, c 12, los cuales tiene una relación negativa con la producción de calostro y su contenido de grasa. Bauman and Griinari (2003) mencionan que la reducción de grasa en leche por efecto del isómero C18:2 t10, c12, es el resultado de la inhibición de la enzima sintasa de ácidos grasos mamarios, la cual se encarga de la síntesis de ácidos grasos de cadena corta y mediana. Cabe mencionar que estos productos intermedios de la biohidrogenación del aceite de soya solamente influyen sobre el contenido grasa y no en otros compuesto del calostro (Li *et al.*, 2009; Almeida *et al.*, 2013), lo cual explica los resultados de efecto de suplementación energética sobre el contenido de proteína y sólidos no grasos.

Por otra parte, la reducción en el contenido de grasa del calostro en ovejas suplementadas provocó que la densidad fuera baja. El hecho que las ovejas suplementadas secretarán un calostro con menor densidad puede ser favorable para su mejor aprovechamiento por el cordero. Una alta densidad en el calostro provoca que sea exageradamente viscoso (consistencia tipo resistol), resultando prácticamente imposible su consumo y transporte a través de la gotera esofágica (Banchero *et al.*, 2007).

En general, todos los componentes del calostro disminuyeron dentro de las primeras 24 h postparto. Estos resultados coinciden con lo reportado por otros autores (Banchero *et al.*, 2004; Banchero *et al.*, 2007; Annett *et al.*, 2009; Moreno-Indias *et al.*, 2012). Moreno-Indias *et al.* (2012) menciona que la disminución de la concentración de los componentes del calostro se debe principalmente a una adaptación genética de los mamíferos, ya que las crías pierden capacidad de absorción de nutrientes conforme pasa el tiempo después del nacimiento. Además, el tejido mamario pierde permeabilidad a moléculas grandes, de defensa o nutricionales, para permitir la transición de la producción de calostro a leche (Knight *et al.*, 2000).

5.5. Producción y composición de leche

La producción de leche al d 10 postparto también fue afectada negativamente por la suplementación energética preparto, pero no al d 20, donde el volumen y el peso de la leche incrementaron en ovejas suplementadas. Cabe mencionar que la alimentación en el postparto fue similar en ambos grupos de ovejas y no tenía como ingrediente aceite de soya. Por lo tanto, los resultados de producción de leche a los 10 días postparto sugieren cierto efecto residual de la biohidrogenación del aceite de soya ofrecido en el último tercio de gestación durante algunos días después de haberlo ofrecido. Al d 20, este efecto residual del aceite desapareció y la mejor

condición corporal que presentaron las ovejas suplementadas en ese momento, posiblemente favoreció la disponibilidad de reservas corporales para la síntesis de leche (Chikunya *et al.*, 2004). Al d 30 postparto, la producción de leche no varió por efecto de la suplementación, lo cual es consistente con lo mencionado por Bobe *et al.* (2007), quienes indicaron que en la lactancia tardía la disponibilidad de nutrientes para producción de leche depende más de aspectos hormonales que de la densidad de nutrientes aportados en la dieta.

No se encontraron estudios en ovejas de pelo sobre el uso de la suplementación energética durante el último tercio de gestación sobre la producción y composición de la leche en el postparto. Sin embargo, en el presente estudio se observó que la composición de la leche no fue afectada por la suplementación energética en la gestación; dichos resultados se atribuyeron a que la dieta ofrecida en ambos grupos fue similar después del parto. Se ha reportado que la composición de la leche está directamente relacionada con los componentes de la dieta ofrecida durante la lactación (Moloney *et al.*, 1994; Thibault *et al.*, 2003). En congruencia parcial con este estudio, en ovejas Barki, Abdalla *et al.* (2012) reportaron no efecto de 20% más de suplementación de energía en el preparto sobre el porcentaje de proteína y grasa en leche para los primeros 60 días postparto, pero el contenido de otros componentes (lactosa, sólidos no grasos y sólidos totales) se redujeron ligeramente por efecto de la suplementación, cabe mencionar que en la alimentación usaron una mezcla de alimentos concentrados como fuente energética y no aceite de soya. No obstante, estos autores concluyeron que suministrar 120% de los requerimientos durante el último tercio de gestación no es recomendable, ya que las mejoras en producción de leche son bajas, y el contenido de grasa y proteína no mejoran, lo cual no es benéfico desde un punto de vista económico. En ovejas Hamadani, Kasim *et al.* (2008) reportaron no efecto del régimen de alimentación en el preparto sobre el contenido de grasa y proteína en la leche.

También en cabras (Cheeman *et al.*, 2002) y vacas multíparas (Radunz *et al.*, 2010) han reportado no efecto de alimentación durante la gestación sobre la composición de la leche.

El contenido de proteína, grasa y sólidos no grasos decreció con los días en lactancia, lo cual se reflejó directamente en una disminución en la densidad de la leche. Similarmente en ovejas Rambouillet, Meyer *et al.* (2011) encontraron una reducción en algunos componentes (grasa, sólidos no grasos y proteína) de la leche conforme los días de lactación incrementaron de 7 a 20 días. No obstante, el contenido de lactosa en leche presentó una tendencia inversa. Al respecto, estos autores señalan que existen pocos estudios donde hayan evaluado composición de la leche en ovinos, pero los que existen son contradictorios. Dicha situación obedece a que varios factores pueden influir en la discrepancia entre resultados, entre los que se incluyen: metodología para determinar producción de leche, raza de la oveja, edad, balance energético al parto, entre otros.

5.6. Desarrollo pre-destete de las crías

Inesperadamente, la suplementación energética en el último tercio de gestación redujo el peso al nacimiento de las crías, siendo muy notorio en ovejas de parto sencillo (57% menos). De hecho, no se observaron diferencias en el peso al nacimiento entre ovejas suplementadas de parto sencillo o múltiple, lo cual contradice lo publicado en ovinos de pelo, sobre que a mayor tamaño de camada se reduce el peso al nacimiento (Macías-Cruz *et al.*, 2009, 2012; Hinojosa-Cuéllar *et al.*, 2013). Una explicación lógica a este resultado no se tiene, ya que la suplementación que se hizo fue con el objetivo de compensar el gasto energético que tendrían las ovejas por efecto de la activación de mecanismos de termorregulación, y de esta manera, no se afectara el desarrollo

fetal por la competencia de nutrientes. Así, se esperaba un mejor desarrollo y crecimiento fetal por efecto de la suplementación, y consecuentemente mejores pesos al nacimiento.

Una posible explicación a este resultado puede estar relacionada con la generación de un problema de retardo en el crecimiento fetal como consecuencia de un incremento en la temperatura corporal por efecto de la suplementación durante el parto (Vicente, 2013), lo cual provocó una redistribución del flujo sanguíneo favoreciendo la disipación del calor a través de la respiración y la piel. En el estudio realizado por Vicente (2013) sobre termorregulación en el último tercio de gestación en ovejas de pelo gestantes suplementadas, reportó un incremento en la temperatura rectal de 0.2° C tanto en la mañana como en la tarde por efecto de suplementar con 25% más de energía metabolizable. Además, encontró que la frecuencia respiratoria por la tarde también se incrementó en 8% en ovejas suplementadas; mientras que en la mañana del día 130 de gestación se observó un incremento en la temperatura de algunas regiones de la piel (cabeza, anca, flanco derecho y vientre) por efecto de la suplementación. No obstante, esta situación solamente explica los resultados de efecto de la suplementación sobre peso al nacimiento de crías nacidas en parto sencillo pero no las de parto doble, las cuales presentaron similar pesos al nacimiento en suplementadas o no.

Los resultados de efecto de suplementación en las últimas semanas de gestación sobre peso al nacimiento de las crías son muy variados en los trabajos de ovejas. No obstante, en ovinos de raza de pelo, como las usadas en México y en condiciones de estrés calórico, no existen estudios. Bajo condiciones termoneutrales, en ovejas Hamadani (Kasim and Al-Dabbagh, 2008) y Barki (Abdalla *et al.*, 2012) no reportaron efecto de la suplementación sobre el peso de las crías al nacimiento, pero en ovejas Baladi reportaron una mejora del 31.2% en el peso de las crías nacidas por efecto de incrementar los requerimientos nutricionales en un 35% más que lo

recomendado (Mahboub *et al.*, 2013). Sin embargo, en ovejas Karakul encontraron una tendencia a reducirse el peso al nacimiento por suplementar 10% arriba de los requerimientos nutricionales recomendados durante el último tercio de gestación (Hashemi *et al.*, 2008). Estas discrepancias entre resultados publicados e incluyendo los de este estudio pueden estar relacionados con diferencias entre razas, niveles de suplementación, ingredientes usados, tipo de parto, entre otros.

Por otra parte, la suplementación energética en ovejas estresadas por calor no alteró el crecimiento y la tasa de mortalidad de las crías durante el periodo predestete. Estos resultados pueden ser debido a que la composición de la leche no fue afectada, además, de que se le ofreció “alimentación protegida” a partir de la segunda semana de nacidos. Kasim and Al-Dabbagh (2008) mencionan que hay una alta correlación entre consumo de leche y crecimiento de las crías. Por lo tanto, la alimentación de las crías solo dependió parcialmente de la producción y composición de la leche, por lo cual posiblemente el efecto de la suplementación preparto no se reflejó en el desarrollo de la crías predestete.

El tipo de parto alteró el crecimiento y la mortalidad de las crías en el predestete, siendo mejor el crecimiento y menor la mortalidad de corderos en ovejas de parto sencillo. El bajo peso al nacimiento y la competencia por el consumo de leche son los principales factores que conllevan a las crías nacidas en parto múltiple a presentar menor ganancia de peso y mayor susceptibilidad a morir en las primeras semanas de vida (Carrillo and Segura-Correa, 1993). Congruente con estos resultados, Hinojosa-Cuéllar *et al.* (2009) y Macías-Cruz *et al.* (2009, 2012) reportaron menor tasa de crecimiento y porcentaje de corderos muertos en el periodo predestete en corderos de raza de pelo, bajo condiciones termoneutrales.

VI. CONCLUSIONES

Se concluye que la suplementación energética durante el último tercio de gestación ayuda a las ovejas de pelo estresadas por calor a mantenerse en un mejor estado corporal en todo el periodo postparto. Sin embargo, dicha suplementación reduce el desarrollo de la ubre, y la producción de calostro y leche en los primeros días después del parto. No obstante, la composición química del calostro y la leche no es afectada por la dieta ofrecida en el preparto.

La suplementación energética en el último tercio de gestación tampoco mejoró el peso al nacimiento, y en general, el crecimiento predestete de los corderos. Al parecer, el peso al nacimiento y el desarrollo predestete de las crías parecen estar más influenciados por el tipo de parto que por la suplementación preparto en ovejas estresadas por calor. Corderos nacidos en parto sencillo registran mayor peso al nacimiento y crecimiento predestete pero menos susceptibilidad a morir comparado con corderos de parto múltiple. Se recomienda realizar más investigaciones de suplementación energética durante el preparto en este tipo de ovejas, pero probando diferentes fuentes energéticas.

VII. LITERATURA CITADA

- Abdalla, E. B., F. Faten, A. Ammou, M. H. El-Shafie, N. E. El-Bordeny and R. M. Hamida. 2012. Effect of feeding levels on the productive performance of Barki sheep. Egypt. J. Sheep Goat Sci. 7:11-15.
- Almeida, O. C., A. V. Pires, I. Susin, R. S. Gentil, C. Q. Méndez, M. A. A. Queiroz, E. M. Ferreira, and M. L. Eastridge. 2013. Milk fatty acids profile and arterial blood milk fat precursors concentration of dairy goats fed increasing doses of soybean oil. Small Ruminant. Res. 114:152-160.
- Annett, R. W., A. F. Carson, and L. E. R. Dawson. 2008. Effects of digestible undegradable protein (DUP) supply and fish oil supplementation of ewes during late pregnancy on colostrum production and lamb output. Anim. Feed Sci. Tech. 146:270-288.
- Annett, R. W., L. E. R. Dawson, H. Edgar, and A. F. Carson. 2009. Effects of source and level of fish oil supplementation in late pregnancy on feed intake, colostrum production and lamb output of ewes. Anim. Feed Sci. Tech. 154:169-182.
- Avendaño-Reyes, L. 2012. Heat stress management for milk production in arid zones. Ed. Narongsak Chaiyabutr. Pp. 165-188.
- Avendaño-Reyes, L., F. D. Álvarez-Valenzuela, S. Saucedo-Quintana, A. Correa-Calderón, L. Molina-Ramírez, and F. J. Cisneros. 2004. Assessment of some productive traits of the Pelibuey sheep in northwest México. Cuban J. Agr. Sci. 38:129-134.
- Ayadi, M., X. Such, N. Ezzehizi, M. Zouari, T. Najar, M. Ben M' Rad, and R. Casals. 2011. Relationship between mammary morphology traits and milk yield of Sicilo-Sarde dairy sheep in Tunisia. Small Ruminant Res. 96:41-46.
- Banchero, G. E. 2003. ¿Es posible reducir la mortalidad neonatal de corderos? Resultados de investigación en bovinos para carne y ovinos. Serie de Actividades de Difusión N° 342:8, INIA La Estanzuela, Uruguay.
- Banchero, G. E. 2005. Alimentación estratégica para mejorar la lactogénesis y el comportamiento de la oveja al parto. Memorias de la XXXIII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Montevideo, Uruguay. Pp. 72-78.
- Banchero, G. E., y G. Quintans. 2002. Energía metabolizable durante el parto: ¿Es la clave para aumentar la producción de calostro? Seminario de actualización técnica sobre la cría y recría ovina y vacuna, Tacuarembó, Uruguay. Pp. 25-35.

- Banchero, G. E., G. Quintans, A. Vázquez, F. Gigena, A. La Manna, D. R. Lindsay, and J. T. B. Milton. 2007. Effect of supplementation of ewes with barley or maize during the last week of pregnancy on colostrum production. *Animal* 1:625-630.
- Banchero, G. E., G. Quintans, G. B. Martin, D. R. Lindsay, and J. T. B. Milton. 2004. Nutrition and colostrum production in sheep. 2. Metabolic and hormonal responses to different energy sources in the final stages of pregnancy. *Reprod. Fert. Develop.* 16:645-653.
- Banchero, G. E., R. C. Perez, R. Bencini, D. R. Lindsay, J. T. B. Milton, and G. B. Martin. 2006. Endocrine and metabolic factors involved in the effect of nutrition on the production of colostrum in female sheep. *Reprod. Nutr. Dev.* 46:447-460.
- Barker, D. J. P., and P. M. Clark. 1997. Fetal undernutrition and disease in later life. *Reprod. Fert. Develop.* 2:105-112.
- Bauman, D. E., and J. M. Griinari. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 23:203-227.
- Bazer, F. W. 2011. Contributions of an animal scientist to reproductive biology. *Biol. Reprod.* 85:228-242.
- Bazer, F. W., T. E. Spencer, and W. W. Thatcher. 2012. Growth and development of the ovine conceptus. *J. Anim. Sci.* 90:159-170.
- Belkaceni, L., D. M. Nelson., M. Desai., and M. G. Ross. 2010. Maternal undernutrition influences placental-fetal development. *Biol. Reprod.* 83:325-331.
- Bell, A. W., B. W. McBride, R. Slepatis, R. J. Early, and W. B. Currie. 1989. Chronic heat stress and prenatal development in sheep: I. conceptus growth and maternal plasma hormones and metabolites. *J. Anim. Sci.* 67:3289-3299.
- Bencini, R. and I. W. Purvis. 1990. The yield and composition of milk from Merino sheep. *P. Aust. Soc. Anim. Reprod.* 18:144-147.
- Bernabucci, U., N. Lacetera., L. H. Baumgard., R. P. Rhoads., B. Ronchi1, and A. Nardone. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4:1167-1183.
- Bobé, G., S. Zimmerman, E. G. Hammond, A. E. Freeman, P. A. Porter, C. M. Luhman, and D. C. Beitz. 2007. Butter composition and texture from cows with different milk fatty acid compositions fed fish oil or roasted soybeans. *J. Dairy Sci.* 90:2596-2603.
- Cain III, J. W., P. R. Krausman, S. S. Rosenstock, and J. C. Turner. 2006. Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. *Wildlife Soc. B.* 34:570-581.

- Capper, J. L., R. G. Wilkinson, A. M. Mackenzie, and L. A. Sinclair. 2006. Polyunsaturated fatty acid supplementation during pregnancy alters neonatal behaviour in sheep. *J. Nutr.* 136:397-403.
- Carrillo, A. L., and J. C. Segura-Correa. 1993. Environmental and genetic effects on preweaning growth performance of hair sheep in México. *Trop. Anim. Health Pro.* 25:173-178.
- Cavestany, D., C. Viñoles, M. A. Crowe, A. La Manna, and A. Mendoza. 2009. Effect of prepartum diet on postpartum ovarian activity in Holstein cows in a pasture-based dairy system. *Anim. Reprod. Sci.* 114:1-13.
- Celi, P., A. Di Trana, and S. Claps. 2008. Effects of perinatal nutrition on lactational performance, metabolic and hormonal profiles of dairy goats and respective kids. *Small Ruminant Res.* 79:129-136.
- Chikunya, S., G. Demirel, M. Enser, J. D. Wood, R. G. Wilkinson and L. A. Sinclair. 2004. Biohydrogenation of dietary n-3 PUFA and stability of ingested vitamin E in the rumen, and their effects on microbial activity in sheep. *Brit. J. Nutr.* 91:539-550.
- Chilliard, Y., A. Ferlay, and M. Doreau. 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Prod. Sci.* 70:31-48.
- Dobson, H., C. Fergani, J. E. Routly, and R. F. Smith. 2012. Effects of stress on reproduction in ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 130:135-140.
- Ehrhardt, R. A., P. L. Greenwood, A. W. Bell, and Y. R. Boisclair. 2003. Plasma leptin is regulated predominantly by nutrition in preruminant lambs. *J. Nutr.* 133:4196-4201.
- Emediato, R. M. S., E. R. Siqueira, M. M. Stradiotto, S. A. Maesta, and S. Fernandes. 2008. Relationship between udder measurements and milk yield in Bergamasca ewes in Brazil. *Small Ruminant Res.* 75:232-235.
- FAO. 2010. (Food and Agriculture Organization of the United Nations), revisado el 24 de Julio del 2013. <http://faostat.fao.org/site/537/DesktopDefault.aspx?PageID=537>.
- Ford, S. P., B. W. Hess, M. M. Schwope, M. J. Nijland, J. S. Gilbert, K. A. Vonnahme, W. J. Means, H. Han, and P. W. Nathanielsz. 2007. Maternal undernutrition during early to mid-gestation in the ewe results in altered growth, adiposity, and glucose tolerance in male offspring. *J. Anim. Sci.* 85:1285-1294.
- Fowden, A. L., J. W. Ward, F. P. B. Wooding, A. J. Forhead, and M. Constancia. 2006. Programming placental nutrient transport capacity. *J. Physiol.* 572:5-15.

- García, E. 1985. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen para adaptarlo a las condiciones de la República mexicana. (2da ed) México, DF: Instituto de Geografía, (UNAM, Universidad Nacional Autónoma de México).
- Gluckman, P. D., and M. A. Hanson. 2004. Developmental origins of disease paradigm: a mechanistic and evolutionary perspective. *Pediatr. Res.* 56:311-317.
- Godfrey, R. W., and R. E. Dodson. 2003. Effect of supplemental nutrition around lambing on hair sheep ewes and lambs during the dry and wet seasons in the U.S. Virgin Islands. *J. Anim. Sci.* 81:587-593.
- González, A., B. D. Murphy, J. de Alba, and J. G. Manns. 2007. Endocrinology of the postpartum period in Pelibuey ewes. *J. Anim. Sci.* 64:1717-1724.
- Gray, C. A., F. F. Bartol, B. J. Tarleton, A. A. Wiley, G. A. Johnson, F. W. Bazer, and T. E. Spencer. 2001. Developmental biology of uterine glands. *Biol. Reprod.* 3:85-126.
- Greenwood, P. L., and A. N. Thompson 2007. Consequences of maternal nutrition during pregnancy and of foetal growth for productivity of sheep. *Recet. Adv. Anim. Nutr. Aust.* 16:185-196.
- Guillomont, M. 1995. Cellular interactions during implantation in domestic ruminants. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 49:39-51.
- Hahn, G. L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Aci.* 77:10-20.
- Hales, C. N., and S. E. Ozanne. 2003. The dangerous road of cáetchup growth. *J. Physiol.* 547:5-10.
- Hansen, J. P. 2007. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Anim. Reprod. Sci.* 82:349-360.
- Hansen, J. P. 2009. Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Philos. T. Roy. Soc. B.* 364:3341-3350.
- Hashemi, M., M. J. Zamiri, and M. Safdarian. 2008. Effects of nutritional level during late pregnancy on colostral production and blood immunoglobulin levels of Karakul ewes and their lambs. *Small Ruminant. Res.* 75:204-209.
- Hinojosa-Cuéllar, J. A., F. M. Regalado-Arrazóla, y J. Oliva-Hernández. 2009. Crecimiento prenatal y predestete en corderos Pelibuey, Dorper, Katahdin y sus cruces en el Sureste de México. *Rev. Cient.* 5:522-532.
- Hinojosa-Cuellar, J. A., J. Oliva-Hernández, G. Torres-Hernández y J. C. Segura-Correa. 2013. Comportamiento productivo de corderos F₁ Pelibuey x Blackbelly y cruces con Dorper

y Katahdin en un sistema de producción del trópico húmedo Tabasco, México. Arch. Med Vet. 45:135-143.

- Ilancheran, S., Y. Moodley, and U. Manuelpillai. 2009. Human fetal membranes: a source of stem cells for tissue regeneration and repair? *Placenta* 30:2-10.
- Izadifard, J., and M. J. Zamiri. 1997. Lactation performance of two Iranian fat-tailed sheep breeds. *Small Ruminant Res.* 24:69-76.
- Johnson, K. A. 1992. Nutritional management of the sheep flock. Department of Animal Sciences, Washington D. C., pp. 5-6.
- Kasin, O. A. and S. S. Al-Dabbagh. 2008. Effect of plane of nutrition during late pregnancy and early lactation on milk production and lambs growth of Hamadani ewes.
- Kelley, K. M., Y. Oh, S. E. Garosky, Z. Gucev, T. Matsumoto, V. Hwa, D. M. Simpson, and R. G. Rosenfeld. 1996. Insulin-like growth factor binding proteins (IGFBPs) and their regulatory dynamics. *Int. J. Biochem. Cell B.* 28:619-637.
- Kenyon, P. R. 2008. A review of in-utero environmental effects on sheep production. *P. New. Zeal. Soc. Anim. Prod.* 68:142-155.
- Kenyon, P. R., A. J. Wall, D. L. Burnham, K. J. Stafford, D. M. West, and S. T. Morris. 2010. Effect of offering concentrate supplement in late pregnancy, under conditions of unrestricted herbage, on the performance of multiple-bearing ewes and their lambs to weaning. *Anim. Prod. Sci.* 50:485-492.
- Knight, C. H. 2000. The importance of the division in udder development and lactation. *Livest. Prod. Sci.* 66:169-176.
- Knight, C. H., and M. Peaker. 1982. Development of the mammary gland. *J. Reprod. Fert.* 65:521-536.
- Lang, U., R. S. Baker, G. Braems, M. Zygmunt, W. Kunzel, and K. E. Clark. 2003. Uterine blood flow-a determinant of fetal growth. *Eur. J. Obstet. Gyn. R. B.* 110:S55-S61.
- Laporte-Broux, B., S. Roussel, A. A. Ponter, J. Perault, P. Chavatte-Palmer, and C. Duvaux-Ponter. 2011. Short-term effects of maternal feed restriction during pregnancy on goat kid morphology, metabolism, and behavior. *J. Anim. Sci.* 89:2154-2163.
- Larson, D. M., J. L. Martin, D. C. Adams, and R. N. Funston. 2009. Winter grazing system and supplementation during late gestation influence performance of beef cows and steer progeny. *J. Anim. Sci.* 87:1147-1155.

- Li, X.Z., C. G. Yan, R. J. Long, G. L. Jin, J. Shine Khuu, B. J. Ji, S. H. Choi, H. G. Lee, and M. K. Song. 2009. Conjugated linoleic acid in rumen fluid and milk fat, and methane emission of lactating goat fed soybean oil-based diet supplemented with sodium bicarbonate and monensin. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22:1521-1530.
- Limesand, S. W., T. R. Regnault, and W. W. Hay Jr. 2004. Characterization of glucose transporter 8 (GLUT8) in the ovine placenta of normal and growth restricted fetuses. *Placenta* 25:70-77.
- Long, N. M., L. A. George., A. B. Uthlaut., D. T. Smith., M. J. Nijland., P. W. Nathanielsz, and S. P. Ford. 2010. Maternal obesity and increased nutrient intake before and during gestation in the ewe results in altered growth, adiposity, and glucose tolerance in adult offspring. *J. Anim. Sci.* 88:3546-3553.
- Macías-Cruz, U., F. D. Álvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, L. Molina-Ramírez, A. González-Reyna, S. Soto-Navarro, and L. Avendaño-Reyes. 2009. Pelibuey ewe productivity and subsequent pre-weaning lamb performance using hair-sheep breeds under a confinement system. *J. Appl. Anim. Res.* 36:255-260.
- Macías-Cruz, U., F. D. Álvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, R. Díaz-Molina, M. Mellado, C. Meza-Herrera, and L. Avendaño-Reyes. 2013. Thermoregulation of nutrient-restricted hair ewes subjected to heat stress during late pregnancy. *J. Therm. Biol.* 38:1-9.
- Macías-Cruz, U., F. D. Álvarez-Valenzuela, H. A. Olguín-Arredondo, L. Molina-Ramírez, y L. Avendaño-Reyes, 2012. Ovejas Pelibuey sincronizadas con progestágenos y apareadas con machos de raza Dorper y Katahdin bajo condiciones estabuladas: producción de la oveja y crecimiento de los corderos durante el periodo predestete. *Arch. Med. Vet.* 44:29-37.
- Marai, I. F. M., A. A. El-Darawany, A. Fadiel, and M. A. M. Abdel-Hafez. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. *Small Ruminant Res.* 71:1-12.
- Marai, I. F. M., A. A. El-Darawany, A. Fadiel, and M. A. M. Abdel-Hafez. 2008. Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. *Trop. Subtrop. Agroecosist.* 8:209-234.
- Martínez-Partida, J. A., L. Jiménez-Sánchez, J. G. Herrera-Haro, E. Valtierra-Pacheco, E. Sánchez-López, y M. C. López-Reyna. 2011. Ganadería ovino-caprina en el marco del programa de desarrollo rural en baja california. *Universidad Cienc.* 27:331-344.
- McCraib, G. J., and Bartolussi, M. 1996. Placental growth and the ability of sheep to thermoregulate in hot environment. *Small Ruminant Res.* 20:121-127.

- McEvoy, T. G., J. J. Robinson, R. P. Aitken, P. A. Findlay, and I. S. Robertson. 1995. Dietary excesses of urea influence the viability and metabolism of preimplantation sheep embryos and may affect fetal growth among survivors. *Anim. Reprod. Sci.* 39:89-107.
- McMillen, I. C., M. B. Adams, J. T. Ross, C. L. Coulter, G. Simonetta, J. A. Owens, J. S. Robinson, and L. J. Edwards. 2001. Fetal growth restriction: Adaptations and consequences. *J. Reprod. Fertil.* 122:195-204.
- Mellor, D. J., and Murray L. 1985a. Effects of maternal nutrition on udder development during late pregnancy and on colostrum production in Scottish Blackface ewes with twin lambs. *Res. Vet. Sci.* 39:230-234.
- Meyer, A.M., J. J. Reed, T. L. Neville, J. F. Thorson, K. R. Maddock-Carlin, J. B. Taylor, L. P. Reynolds, D. A. Redmer, J. S. Luther, C. J. Hammer, K. A. Vonnahme, and J. S. Caton. 2011. Nutritional plane and selenium supply during gestation affect yield and nutrient composition of colostrum and milk in primiparous ewes. *J. Anim. Sci.* 89:1627-1639.
- Moloney, A. P., A. A. Almiladi, M. J. Drennan, and P. J. Caffrey. 1994. Rumen and blood variables in steers fed grass silage and rolled barley or sugar cane molasses-based supplements. *Anim. Feed Sci. Tech.* 50:37-54.
- Moreno-Indias, I., D. Sánchez-Macías, N. Castro, A. Morales-delaNuez, L. E. Hernández-Castellano, J. Capote and A. Argüelloa. 2012. Chemical composition and immune status of dairy goat colostrum fractions during the first 10 h after partum. *Small Ruminant Res.* 103:220-224.
- Muñoz, C., A. F. Carson, M. A. McCoy, L. E. R. Dawson, N. E. Connell and A. W. Gordon. 2008. Nutritional status of adult ewes during early and mid-pregnancy. 1. Effects of plane of nutrition on ewe reproduction and offspring performance to weaning. *Animal* 2:52-63.
- Myatt, L. 2006. Placental adaptive responses and fetal programming. *J. Physiol.* 572:25-30.
- NRC. National Research Council. Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Sheep. Sixth Revised Edition. Ed. National Academy of Sciences. Washington, D.C. U.S.A. 2007.
- Ocak, S., E. Emsen, F. Köycegiz, M. Kutluca, and H. Önder. 2009. Comparison of placental traits and their relation to litter size and parity weight in sheep. *J. Anim. Sci.* 87:3196-3201.
- Rattray, P. V. 1986. Feed requirements for maintenance, gain and production. In: McCutcheon SN, McDonald MF, Wickham GA, ed. Sheep production. Vol. II. Feeding, growth and health. Wellington, New Zealand, Ray Richards Publishers. Pp. 75-109.

- Robinson, J. J., K. D. Sinclair, and T. G. McEvoy. 1999. Nutritional effects on fetal growth. *J. Anim. Sci.* 68:315-331.
- Russel, A. J. F., J. M. Doney, and R. J. Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *Agr. Sci.* 72:451-454.
- SAS Institute. 2004. SAS/STAT: User's guide statistics released 9.12. (Edition Cary, N.C. SAS Institute, Inc).
- Shelton, M. 2000. Reproductive performance of sheep exposed to hot environments. In: Malik, R. C., Razzaque, M.A., Al-Nasser, A.Y. (Eds.), *Sheep Production in Hot and Arid Zones*. Published by the Kuwait Institute for Scientific Research. Pp. 155-162.
- Shingfield, K. J., C. K. Reynolds, G. Hervás, J. M. Griinari, A. S. Grandison, and D. E. Beever. 2006. Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:714-732.
- Spencer, T. E., R. C. Burghardt, G. A. Johnson, and F. W. Bazer. 2004. Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Anim. Reprod. Sci.* 2:1-15.
- Swanson, T. J., C. J. Hammer, J. S. Luther, D. B. Carlson, J. B. Taylor, D. A. Redmer, T. L. Neville, J. J. Reed, L. P. Reynolds, J. S. Caton, and K. A. Vonnahme. 2008. Effects of gestational plane of nutrition and selenium supplementation on mammary development and colostrum quality in pregnant ewe lambs. *J. Anim. Sci.* 86:2415-2423.
- Thatcher, W. W., C. R. Staples, G. Danet-Desnoyers, B. Oldick, and E. P. Schmitt. 1994. Embryo health and mortality in sheep and cattle. *J. Anim. Sci.* 72:16-30.
- Thibault, C., D. Petitclerc, R. Spratt, M. Le´onard, K. Sejrsen, and P. Lacasse. 2003. Effect of feeding prepubertal heifers with a high oil diet on mammary development and milk production. *J. Dairy Sci.* 86:2320-2326.
- Ünal, N., H. Akcapinar, F. Atasoy, A. Yakan, and M. Ugurlu. 2008. Milk yield and milking traits measured with different methods in Bafra sheep. *Rev. Med. Vet.-Toulouse.* 159:494-501.
- Vickers, M. H., B. H. Breier, W. S. Cutfield, P. L. Hofman, and P. D. Gluckman. 2000. Fetal origins of hyperphagia, obesity, and hypertension and postnatal amplification by hypercaloric nutrition. *Am. J. Physiol.-Endoc. M.* 279:83-87.
- Vonnahme, K. A., J. S. Luther, L. P. Reynolds, C. J. Hammer, D. B. Carlson, D. A. Redmer, and J. S. Caton. 2010. Impacts of maternal selenium and nutritional level on growth, adiposity, and glucose tolerance in female offspring in sheep. *Domest. Anim. Endocrin.* 39:240-248.

- Wallace, J. M., T. R. Regnault, S. W. Limesand, W. W. Hay, and R. V. Anthony. 2005. Investigating the causes of low birth weight in contrasting ovine paradigms. *J. Physiol.* 565:19-26.
- Yaakub, H., S. A. Williams, D. O'Callaghan, and M. P. Boland. 1997. Effect of dietary intake and glucose infusion on ovulation rate and embryo quality in superovulated ewes. *J. Reprod. Fert.* 19:285-291.
- Zhu, M. J., B. Han, J. Tong, C. Ma, J. M. Kimzey, K. R. Underwood, Y. Xiao, B. W. Hess, S. P. Ford, P. W. Nathanielsz, and M. Du. 2008. AMP-activated protein kinase signaling pathways are down regulated and skeletal muscle development impaired in fetuses of obese, over-nourished sheep. *J. Physiol.* 586:2651-2664.