

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS



**SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA PREPARTO EN OVEJAS PELIBUEY
ESTRESADAS POR CALOR: EFECTO SOBRE LA TERMORREGULACIÓN Y
PRODUCTIVIDAD DE LA OVEJA AL PARTO.**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA

RICARDO VICENTE PÉREZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. ULISES MACÍAS CRUZ

MEXICALI, B.C. MEXICO

AGOSTO DE 2013

La presente tesis “**SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA PREPARTO EN OVEJAS PELIBUEY ESTRESADAS POR CALOR: EFECTO SOBRE LA TERMORREGULACIÓN Y PRODUCTIVIDAD DE LA OVEJA AL PARTO**” fue realizado por **C. Ricardo Vicente Pérez**, dirigido por **Dr. Ulises Macías Cruz**, ha sido evaluada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el título en:

Maestro en Ciencias en Sistemas de Producción Animal

Consejo particular

Dr. C. Ulises Macías Cruz
Director de tesis

Ph. D. Leonel Avendaño Reyes
Secretario

Ph. D. Abelardo Correa Calderón
Sinodal

Ph. D. Cesar Alberto Meza Herrera
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a dios, que me ha acompañado en toda mi vida. Gracias por permitirme volver a cosechar un fruto más de muchos para el futuro próximo.

A la Universidad Autónoma de Baja California, al Instituto de Ciencias Agrícolas y a CONACYT, gracias por darme la oportunidad de pertenecer y formar parte de esta gran casa de estudios, por brindarme la dicha de culminar este trabajo de investigación.

Al Dr. Ulises Macías, quien aparte de ser un gran asesor durante mi formación académica y profesional ha sido un amigo que inculca valores. Gracias Dr. tus consejos, experiencias y enseñanzas son y serán el puente para continuar creciendo en mi vida profesional y personal.

A mis asesores Dr. Leonel Avendaño, Dr. Abelardo Correa, Dr. CA. Meza Herrera, quienes con sus enseñanzas han sido parte de mi formación y quienes también me han inspirado el deseo de aprendizaje. Al MC. Daniel Álvarez, a todos los profesores y trabajadores del ICA que sin su apoyo no hubiese sido posible este trabajo.

A mi familia López Baca, Ma. de los Ángeles, Mariana, Marco Antonio, Carolina, y Sra. Ángeles Baca. A los compañeros y amigos de maestría y doctorado: Francisco, Teresa, Sacramento, Raquel, Nivardo, Rodrigo, Claudia, Yolanda, Gustavo, Filiberto, Lizbeth, Gastelum, Citlali, Maricela, Gilberto, Edgar, Jazmín y Guadalupe Calderón, gracias a todos que de una u otra forma estuvieron presentes durante este proceso de formación.

DEDICATORIAS

A mi madre **Guadalupe Pérez García**, quien a lo largo de todo este camino me ha brindado todo su amor y apoyo incondicional. Gracias mama, sé que este no es el mejor regalo que pueda darte pero te lo dedico con todo mi amor.

A mis hermanos **Antonio Vicente Pérez, Arnulfo Vicente Pérez, Melitón Vicente Pérez y Rogelio Vicente Pérez**, ustedes son el mejor apoyo que he podido tener en la vida y sus consejos me han permitido seguir afrontando no uno sino muchos obstáculos. Este logro no es solo mío sino que también es de ustedes y del continuar así no habrá reto del que no salgamos victoriosos de forma exitosa.

A ti papa **Melitón Vicente García** que me has dejado las mejores armas y la mejor familia.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	iv
ÍNDICE	v
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE GRÁFICAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Gestación en las ovejas.....	3
2.2. Factores que afectan el desarrollo gestacional	6
2.2.1. <i>Espacio uterino</i>	7
2.2.2. <i>Alimentación</i>	8
2.2.3. <i>Altas temperaturas</i>	11
2.3. Impacto del ambiente uterino sobre el periodo postparto	13
2.3.1. <i>Desarrollo de las crías</i>	13
2.4. Galactogénesis.....	15
2.5. Suplementación energética preparto.....	16
2.5.1. <i>Suplementación energética preparto en ambiente termoneutral</i>	17
2.5.2. <i>Suplementación de energía y proteína cruda bajo estrés calórico</i>	20

3. MATERIAL Y MÉTODOS	25
3.1. Lugar de estudio	25
3.2. Animales, manejo y tratamientos.....	25
3.3. Instalaciones.....	28
3.4. Condiciones climáticas.....	28
3.5. Mediciones y muestreos.....	28
3.5.1. <i>Peso vivo y condición corporal</i>	28
3.5.2. <i>Comportamiento productivo</i>	29
3.5.3. <i>Variables fisiológicas</i>	29
3.6. Análisis estadístico.....	30
4. RESULTADOS	31
4.1. Condiciones ambientales.....	31
4.2. Peso vivo y condición corporal.....	33
4.3. Comportamiento productivo.....	34
4.4. Consumo de agua	36
4.5. Variables fisiológicas.....	38
4.6. Estado corporal y productividad al parto	44
5. DISCUSIÓN	45
5.1. Condiciones climáticas.....	45
5.2. Peso vivo y condición corporal.....	46
5.3. Comportamiento productivo.....	47
5.4. Consumo de agua	50
5.5. Variables fisiológicas.....	51

5.6. Estado corporal y productividad al parto.....	54
6. CONCLUSIONES	57
7. LITERATURA CITADA	58

LISTA DE CUADROS

1	Ingredientes y composición química de las dietas de ovejas suplementadas y ovejas testigo	27
2	Condiciones climáticas registradas en horas del día (06:00 a 20:00 h) y de la noche (20:00 a 06:00 h) durante el periodo experimental.....	32
3	Comportamiento productivo de ovejas de pelo suplementadas con energía durante el último tercio de gestación, bajo condiciones de estrés calórico.....	35
4	Consumo de agua durante último tercio de gestación de ovejas de pelo suplementadas con energía bajo condiciones de estrés calórico.....	37
5	Efecto de la suplementación energética preparto sobre las variables fisiológicas registradas por la mañana (07:00 h) en ovejas de pelo bajo condiciones de estrés calórico.....	38
6	Efecto de la suplementación energética preparto sobre las variables fisiológicas registradas por la tarde (16:00 h) en ovejas de pelo bajo condiciones de estrés calórico.....	42
7	Peso vivo, condición corporal (CC) y productividad al parto de ovejas de pelo suplementadas con energía durante el último tercio de gestación, bajo condiciones de estrés calórico.....	44

LISTA DE GRÁFICAS

1	Promedios diarios de temperatura ambiental (T _{prom}), humedad relativa (HR) e índice temperatura-humedad (ITH) durante el periodo experimental.....	31
2	Efecto de la suplementación energética (SE) pre-parto sobre el peso vivo y la condición corporal de ovejas de pelo estresadas por calor.....	34
3	Tendencia de la temperatura rectal (TR; °C), temperatura de paleta (T _{paleta} ; °C) y frecuencia respiratoria (FR; rpm) durante las mañanas del último tercio de gestación de ovejas de pelo estresadas por calor en función a los días de gestación.....	39
4	Efecto de la suplementación energética (SE) pre-parto sobre la temperatura de cabeza y anca registradas por la mañana de ovejas de pelo estresadas por calor.....	40
5	Efecto de la suplementación energética (SE) pre-parto sobre la temperatura del flanco derecho y el vientre registrada por la mañana en ovejas de pelo estresadas por calor.....	41
6	Tendencia de la temperatura rectal (TR; °C) y frecuencia respiratoria (FR; rpm) durante las tardes del último tercio de gestación de ovejas de pelo estresadas por calor en función de los días de gestación.....	42
7	Tendencia de la temperatura de cabeza (T _{cab} ; °C) temperatura de anca (T _{anca} ; °C) durante las tardes del último tercio de gestación de ovejas de pelo estresadas por calor en función de los días de gestación.....	43

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación energética durante el último tercio de gestación sobre la capacidad de termorregulación y productividad de ovejas de pelo estresadas por calor. Veinticuatro ovejas Katahdin x Pelibuey con 96 días de gestación se asignaron bajo un diseño de bloques completamente al azar a una de dos dietas experimentales (n=12) formuladas con: 1) 100% (testigo) ó 2) 130% (suplementadas) de requerimientos de energía metabolizable (EM). El experimento se realizó en verano e incluyó 6 días de adaptación y 50 de periodo experimental (día 100 al parto). Del d 100 preparto, cada 15 d se registró el peso vivo y la condición corporal, así como la temperatura rectal, de cabeza, paleta, flanco, anca y vientre, frecuencia respiratoria a las 7:00 y 16:00 h del día. Al parto se registró el peso y tamaño de la camada. El peso vivo, la condición corporal y las variables fisiológicas fueron analizados bajo un diseño de bloques completamente al azar con mediciones repetidas y al consumo de alimento y agua, estado corporal y productividad de la oveja se les aplicó un análisis de varianza. Al d 130 se observó mayor ($P<0.05$) peso vivo en ovejas suplementadas y la condición corporal se incrementó significativamente ($P<0.05$) al d 145 de gestación. Las variables fisiológicas durante la mañana no fueron afectados ($P>0.05$) por la suplementación, sin embargo, durante la tarde se observó mayor ($P<0.05$) temperatura rectal y frecuencia respiratoria en ovejas suplementadas. Se observó mayor ($P<0.05$) consumo de agua en ovejas testigo, pero el consumo de alimento fue similar ($P>0.05$). Las ovejas suplementadas tuvieron similar ($P>0.05$) peso al nacimiento, tamaño y peso de camada respecto al grupo testigo. En conclusión, la suplementación energética en el último tercio de gestación de ovejas de pelo bajo condiciones de estrés calórico tendió a incrementar la carga de calor metabólico, la cual fue disipada incrementando la frecuencia respiratoria y temperatura de distintas regiones de la piel. Finalmente, la productividad de la oveja no se mejoró por la suplementación energética bajo estas condiciones.

Palabras clave: Ovinos de pelo, gestación, estrés calórico, regulación de temperatura.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of energy supplementation during late pregnancy upon thermoregulation capacity and productivity of hair sheep under heat stress. Twenty-four Katahdin x Pelibuey ewes with 96 days of pregnancy were assigned under a randomized complete block design to one of two experimental diets (n=12), which were formulated with: 1) 100 (control) or 2) 130% of their daily metabolisable energy requirement (EM). The experiment was carried-out in summer during 56 d; 6 of adaptation and 50 of study period (d 100 to lambing). From day 100 prepartum, every 15 d until lambing, the variables body weight and body condition score were recorded. In addition, rectal temperature, temperature of skin regions and respiratory rate were also registered at 07:00 and 16:00 h. At lambing, birth weight and little size were measured. Rectal temperature, respiratory rate and physiologic variables were analyzed under a complete randomized block design with repeated measures across time and water and food intake, colostrum production, body weight, body condition score and productivity by analyses of variance. While body weight was higher ($P<0.05$) in the supplemented group at d 130 of the study period, the body condition score was higher ($P<0.05$) on supplemented group at d 145 of gestation. Physiologic variables during the morning did not differ between treatments, however, during the afternoon the respiratory rate and rectal temperature were higher ($P<0.05$) in the supplemented group. Daily food and water intake were similar ($P>0.05$) between groups. Supplemented ewes had similar ($P>0.05$) birth weight, little size and little weight regarding control ewes. In conclusion, the energetic supplementation during late gestation of hair ewes under heat stress tended to increase the corporal temperature, which was dissipated throughout an increased respiratory rate, rectal temperature and different skin regions. Finally, the energetic supplementation did not improve sheep productivity.

Key words: Hair sheep, pregnancy, heat stress, temperature regulation.

1. INTRODUCCIÓN

En mamíferos, el último tercio de la gestación es la etapa más crítica en el desarrollo del producto, ya que es cuando el feto presenta entre el 70 y 80% de su crecimiento (Gursel *et al.*, 2010). En ovejas, la presencia de estados de alarma o estrés puede comprometer el desarrollo fetal, impactando negativamente sobre su productividad tanto al parto como al destete. En regiones áridas y semiáridas del país, es común que las ovejas preñadas durante la época de verano enfrenten condiciones ambientales de altas temperaturas, lo cual les ocasiona un estado de estrés por calor. Dicho estrés provoca un retardo en el crecimiento fetal, lo cual se refleja en bajos pesos al nacimiento y alta tasa de mortalidad en las primeras dos semanas post-parto (Durak y Altiner, 2006; Ates *et al.*, 2008; Gursel *et al.*, 2010).

El retardo en el crecimiento fetal por efecto del estrés calórico se ve afectado por un deficiente desarrollo placentario, el cual se produce por la activación de mecanismos de termorregulación que ayudan a disipar el exceso de calor corporal y a reducir la producción de calor metabólico (Marai *et al.*, 2008). En ovejas gestantes, la reducción en el consumo de alimento y el incremento en el consumo de agua son los principales mecanismos de termorregulación usados para reducir la producción de calor metabólico, lo cual compromete la disponibilidad de nutrientes para promover el desarrollo de la placenta, y por ende, del feto (Bell *et al.*, 1989). Adicionalmente, los pocos nutrientes provistos por el consumo de la dieta son convertidos en energía para ser utilizados parcialmente en la disipación de calor corporal a través de un aumento en la frecuencia respiratoria (Wu *et al.*, 2006).

Una alternativa para evitar el retardo en el crecimiento uterino y reducir la producción de calor metabólico en ovejas de pelo gestantes bajo condiciones de estrés por calor podría ser

ofrecer una suplementación energética durante el último tercio de gestación, usando fuentes altamente energéticas como aceites de origen vegetal. De esta manera, el bajo consumo de alimento estaría compensado con el ofrecimiento de una dieta con alta densidad energética. En el mismo sentido, los aceites vegetales en las dietas disminuyen la producción de calor metabólico al ser una fuente de energía de rápida disponibilidad para la flora microbiana del rumen. Así, el nivel de energía usada para el crecimiento de tejido placentario y fetal no estaría comprometido por el gasto energético de la activación de los mecanismos compensatorios para regular la temperatura corporal bajo condiciones de altas temperaturas. Cabe mencionar que se encontró poca información sobre el uso de esta estrategia de alimentación para reducir los efectos del estrés calórico sobre el desarrollo placentario y fetal en ovejas gestantes durante el último tercio de preñez. Considerando que un exceso de energía en la dieta podría generar un exceso de calor metabólico, y con ello, comprometer la capacidad de la oveja preñada para disipar el exceso de calor corporal, la hipótesis de este estudio propone que incrementos en el nivel de energía metabolizable durante último tercio de gestación en la dieta de ovejas de pelo bajo condiciones de estrés por calor favorece la reducción en el consumo de alimento, aumenta el consumo de agua y la frecuencia respiratoria sin comprometer el crecimiento fetal. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación energética durante el último tercio de gestación en ovejas estresadas por calor sobre la capacidad termorregulatoria de la madre en el periodo parto, y el peso al nacimiento de las crías.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Gestación en las ovejas

La gestación es un proceso biológico muy importante en la etapa productiva de los mamíferos y tiene como objetivo principal la producción y participa en la perpetuación de la especie. Este proceso reproductivo comienza con la fecundación, es decir, la unión del espermatozoide con el ovulo para la formación de un cigoto, finalizando con el parto (Hafez, 2004). Usualmente la duración de la gestación en los ovinos es en promedio 150 días (Carrillo *et al.*, 1997). Durante este periodo pueden distinguirse tres etapas sobre el desarrollo y crecimiento del producto: 1) etapa de huevo o cigoto, 2) etapa embrionaria y 3) etapa fetal (Hafez, 2004).

Dentro de las dos primeras etapas de crecimiento del producto destaca el desarrollo embrionario y la formación de la placenta. El desarrollo embrionario, proceso de formación de un nuevo individuo a partir de la célula huevo (cigoto), inicia después que se ha dado la fecundación (Rahman *et al.*, 2008). El cigoto sufre una serie de divisiones celulares dando como resultado células hijas llamadas blastómeros, y al conjunto de 16 a 32 blastómeros se le denomina mórula, con lo cual da fin el proceso de segmentación (Spencer *et al.*, 2004; Rahman *et al.*, 2008). La mórula se forma alrededor del día 6 post-fecundación, e inicia el proceso de compactación para dar origen al blastocito (Rahman *et al.*, 2008; Spencer *et al.*, 2004). En el blastocito se diferencia una cavidad llena de líquido denominada blastocele y dos grupos celulares (Hafez, 2004): 1) células del embrioblasto, las cuales darán origen al embrión, y 2) células trofoblasticas, que dan origen a la placenta. Al día 8 y 9 post-fecundación, ya con el blastocito en la luz del útero, se produce la ruptura de la zona pelucida

y liberación del embrión, lográndose el primer contacto celular entre el trofoblasto y el epitelio uterino materno. De ahí el embrión ya liberado inicia una fase de elongación y crecimiento. Finalmente, en ovinos, el reconocimiento materno de la preñez e implantación culminan al día 16 de gestación, momento en que se inicia la fijación y formación de la placenta (Spencer *et al.*, 2004; Satterfield *et al.*, 2006).

El proceso gestacional es establecido y controlado por mecanismos endócrinos. La principal hormona que interviene es la progesterona, la cual regula el medio uterino para el establecimiento del embrión y su mantenimiento (Spencer *et al.*, 2004; Satterfield *et al.*, 2006). La progesterona inhibe la liberación de prostaglandinas para impedir la regresión del cuerpo lúteo. Además, al unirse con sus receptores en el endometrio promueve la producción de mucina de la superficie celular endometrial, intensificando la expresión de genes que codifican la liberación de otras proteínas de adhesión y proteínas que promueven el crecimiento y desarrollo del concepto (Spencer *et al.*, 2004; Spencer y Bazer 2004; Satterfield *et al.*, 2006). En rumiantes, el blastocito, y más específicamente el trofoblasto, secreta proteínas llamadas interferon (oTP-1, bTP-1), las cuales tienen dos funciones principales. La primera es establecer el vínculo entre el concepto y la madre para permitir la implantación, y la segunda, ayudar a inhibir la síntesis de receptores endometriales de oxitocina, y por ende, la producción de pulsos de prostaglandinas para impedir la luteólisis, permitiendo de esta manera el mantenimiento de un cuerpo lúteo funcional para asegurar la secreción de progesterona (Satterfield *et al.*, 2006; Klein, 2006; Song *et al.*, 2007). La progesterona también inhibe los receptores de estrógenos, y con ello la activación de receptores de oxitocina, de tal manera que también evita la síntesis de prostaglandinas F₂ α y favorece el mantenimiento del cuerpo lúteo (Klein, 2006).

Durante el establecimiento de la gestación, el reconocimiento materno de la preñez es definido como el periodo crítico en el cual el conceptus muestra señal de su presencia a la madre. A diferencia de otras especies, el reconocimiento materno de la preñez en ovejas se da a través de una señal que envía el concepto para regular la receptividad del epitelio endometrial materno. Esta señal es la proteína interferón ovina (oTP-1, bTP-1) producida por el trofoectodermo del blastocito entre los días 10 y 21 de gestación, siendo máxima su secreción entre los días 14 y 16 (Song *et al.*, 2007). Una vez establecido el reconocimiento materno de la preñez, el proceso de implantación ocurre mediante el contacto entre el trofoblasto y el epitelio endometrial materno lográndose con la fijación del trofoblasto al epitelio del lumen uterino (Spencer *et al.*, 2004). Ambos procesos inician justamente después de la ruptura de la zona pelucida y la elongación del concepto, siendo la elongación importante para la producción del interferón ovino y necesario para exponer la máxima superficie de endotelial posible (Spencer y Bazer 2004; Spencer *et al.*, 2004; Song *et al.*, 2007).

Durante y después del proceso de implantación se da la formación de la placenta. La placenta es un órgano multifuncional que permite estrecha intercomunicación entre el feto y la madre (Myatt, 2006). En el caso de rumiantes, la comunicación feto-madre se establece mediante placentomas, estructuras que resultan de la unión de las carúnculas maternas (endometrio) y cotiledones placentarios (Kleemann, 1983, Bazer *et al.*, 2009). Esta intercomunicación feto-maternal es esencial, ya que el feto, para cubrir sus demandas nutricionales, depende de los productos metabólicos de la digestión materna tales como glucosa y aminoácidos (Kleemann, 1983; Mellor y Murray, 1985). Además, a través de esta vía de comunicación, el feto también recibe oxígeno y agua, así como elimina gases y productos de desecho (Mellor, 1983). Cabe mencionar que la glucosa es la principal fuente de

energía, mientras que los aminoácidos y las proteínas son componentes esenciales para el crecimiento y síntesis de nuevos tejidos (Mellor y Murray, 1985).

En general y en una forma práctica, la gestación en los mamíferos es dividida en tres tercios. En los dos primeros tercios de gestación, el patrón de crecimiento del producto es lento mientras que el crecimiento placentario es prioridad (Osgerby *et al.*, 2004; Gootwine *et al.*, 2007) Así, el producto después de estos dos primeros tercios de gestación solo alcanza entre un 10 y 20% de su peso total al nacimiento (King, 2002). En tanto, en el tercer tercio de gestación, el crecimiento del producto o fetal incrementa exponencialmente logrando entre 70 y 80% del peso total al nacimiento (Freetly y Leymaster, 2004; Gursel *et al.*, 2010). De esta forma, la demanda de nutrientes en el último tercio de gestación también se incrementa exponencialmente conforme el producto se desarrolla y crece, volviéndose esta etapa crítica para garantizar en las crías un buen peso al nacimiento (Banchemo *et al.*, 2004).

2.2. Factores que afectan el desarrollo gestacional

En general, a través de la gestación el feto sufre una serie de cambios fisiológicos, anatómicos y metabólicos dentro del útero materno, que se relacionan con una combinación de factores genéticos, epigenéticos, maternos y ambientales (Wu *et al.*, 2006). Estos factores afectan el crecimiento placentario, y por lo tanto, el crecimiento fetal. Un adecuado ambiente gestacional es clave en la expresión del potencial genético del feto. Sin embargo, perturbaciones en el ambiente uterino pueden afectar negativamente el crecimiento y desarrollo del feto, pudiendo ser algunos de esos factores perturbantes; la disponibilidad de espacio uterino, la alimentación, el clima, las enfermedades, entre otros (Ravelli *et al.*, 1998). A continuación se describen detalladamente cada uno de estos factores.

2.2.1. Espacio uterino

El crecimiento fetal es un proceso complejo que depende tanto de factores genéticos, celulares y nutricionales, como de factores de crecimiento y hormonas tanto de origen fetal como maternal (Gardner *et al.*, 2007). El primer factor que determina el crecimiento y subsecuente peso al nacimiento del producto es la genética del feto (Cowley *et al.*, 1989; Kumar, 2010). La capacidad uterina de la oveja juega un rol sumamente importante sobre el crecimiento del producto y peso al nacimiento (Gardner *et al.*, 2007).

En un estudio donde evaluaron el efecto del genotipo uterino sobre peso de las crías al nacimiento, realizaron transferencias recíprocas de embriones entre tres razas de ratones caracterizadas por ser diferentes en tamaño corporal y color de pelaje (Cowley *et al.* 1989). Los resultados indicaron que independientemente del genotipo fetal, los fetos que se desarrollaron dentro de úteros de hembras de talla grande fueron más pesados comparados con aquellos que se desarrollaron en úteros de hembras de talla pequeños. En ovejas de diferente tamaño, Suffolk (raza grande) y Cheviot (raza pequeña), se evaluó el efecto de la capacidad uterina sobre el peso de los embriones al día 19 (Kumar, 2010). Este estudio lo realizaron transfiriendo un embrión Suffolk al útero de una oveja Cheviot y viceversa. Los resultados fueron que las ovejas Cheviot alojaron un embrión más pequeño al día 19 comparado con el embrión encontrado en el útero Suffolk, mientras que el desarrollo de un embrión Cheviot transferido a un útero Suffolk resulto de mayor tamaño al día 19 con respecto al embrión que permaneció en el útero Cheviot. Estas observaciones fueron persistentes hasta el nacimiento de los corderos. Por lo tanto, los embriones que son genéticamente programados para ser más grandes (Suffolk) no puede lograr su crecimiento en un medio uterino restringido. Contrariamente, los embriones de ovejas de talla más pequeña (Cheviot) alcanzaron mayor

tamaño que su potencial genético de crecimiento cuando el desarrollo se dió en un útero de mayor capacidad. Este mismo resultado se ha encontrado en otras especies como equinos (Allen *et al.*, 2002).

Por otro lado, ciertas circunstancias relacionadas a la capacidad uterina pueden reducir el crecimiento fetal y peso al nacimiento, como el tamaño de la camada. Dado que todos los mamíferos placentados tienen un espacio uterino materno definido, se ha observado que conforme el tamaño de camada se incrementa el peso individual disminuye por falta de disponibilidad de espacio (Gardner *et al.*, 2007). En corderos, los pesos promedio al nacimiento de mellizos, trillizos y cuatrillizos representan el 87%, 75% y 62%, del peso de corderos únicos, respectivamente. Por lo tanto, la restricción de crecimiento fetal en parte puede ser debida a: 1) la capacidad fisiológica de la madre para suministrar adecuadamente el sustrato metabólico, 2) la capacidad física de la madre para aguantar un tamaño grande de camada, 3) las fuerzas mecánicas en diferentes áreas del útero, es decir, cuerpo uterino en comparación con cuernos uterinos y 4) los efectos genotípicos fetales (Gluckman y Hanson 2004). Al final, un incremento en el número de fetos dentro del útero resulta en una relativa insuficiencia placentar y como consecuencia en bajos pesos al nacimiento (Gootwine *et al.*, 2006). A pesar de que en estos animales multifetales el peso placentar se incrementa, la masa placentar por feto es reducido, lo cual explica la relativa insuficiencia placentaria (Wu *et al.*, 2006).

2.2.2. Alimentación

La alimentación de los animales durante la gestación tiene un gran impacto sobre el crecimiento del producto, además, afecta indirectamente la condición física y productividad de las madres después del parto (Rosiles *et al.*, 1995). Es ampliamente conocido que la

restricción nutricional durante la gestación afecta negativamente el peso al nacimiento de los corderos. Este efecto es debido a que se origina un balance nutricional negativo en la oveja, provocando cambios en la función endócrina, lo cual se refleja en la reducción de los niveles plasmáticos de metabolitos como glucosa, proteína y colesterol (Marai *et al.*, 2007, 2008).

Cabe mencionar que la reducción de los niveles plasmáticos de glucosa en ovejas gestantes es el principal factor predisponente para que se desencadene el retardo en el crecimiento fetal, y subsecuentemente, bajos pesos al nacimiento (Bell y Bauman, 1997). Esto debido a que es la fuente primaria de combustible metabólico y energético celular. Durante el crecimiento fetal, se requieren grandes cantidades de este sustrato energético, siendo la glucosa de circulación materna la mayor fuente de suministro (Kumar, 2010). Sin embargo, la reducción de glucosa en sangre promueve disminución en la circulación útero-placental de factores de crecimiento como insulina e IGFs que a su vez provocan perturbaciones en el metabolismo y suministro de otros nutrientes hacia el feto (Oliver *et al.*, 1993; 1996; Osgerby *et al.*, 2002). Además, se reduce también el flujo sanguíneo al feto debido a que el peso placental, y la morfología funcional de los placentomas se ven disminuidos por efecto de la restricción de nutrientes (Symonds *et al.*, 2001). Estas alteraciones sobre el crecimiento placental y su subsecuentes disturbios en el transporte de nutrientes y factores de crecimiento hacia el feto se relacionan positivamente con la restricción de crecimiento intrauterino (Redmer *et al.*, 2004; Gootwine, *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2006), y como consecuencia, el nacimiento de crías con pesos bajos (Koritnik *et al.*, 1981; Borwick *et al.*, 2003; Turkson y Sualisu, 2005; González-Garduño *et al.*, 2010).

Las crías que presentan pesos bajos al nacimiento producto de un ambiente uterino inadecuado comúnmente mueren durante los primeros días de vida como consecuencia del

bajo instinto de sobrevivencia, lenta tasa de crecimiento pre-destete, incapacidad para regular su temperatura corporal y afecciones neurológicas (Wu *et al.*, 2006). También porque la madre presenta bajo instinto maternal y su producción y calidad de calostro es deficiente (Banchero *et al.*, 2006). Por lo tanto, es indispensable el conocimiento de los requerimientos nutricionales en cada etapa de la gestación, especialmente en etapas críticas que puedan poner en riesgo el crecimiento del feto y futura producción de la madre. Este conocimiento nos permite de manera acertada diseñar programas de alimentación durante la gestación y de esta forma llevar a término exitoso nuestro objetivo de producción.

Los mamíferos invierten gran cantidad de nutrientes durante la gestación, particularmente energía y proteína. Los requerimientos de energía y proteína de la oveja son totalmente dependientes de la etapa de la gestación en la que se encuentran. Durante los dos primeros tercios, el crecimiento fetal es mínimo, existiendo pocos efectos del consumo de energía maternal sobre el peso al nacimiento de los corderos (Gardner *et al.*, 2007). El NRC (2007) recomienda una dieta formulada con 1.91 Mcal de energía metabolizable (EM)/ kg de MS y 8.5% de proteína cruda (PC)/kg MS. Con esta composición química de la dieta se esperaría un consumo de 1.51 kg de MS/d (2.52% de su peso vivo) para cubrir los requerimientos diarios de 2.89 Mcal de EM y 129 g de PC. Si por algún motivo la oveja gestante no cubre estos requerimientos nutricionales, se pueden activar mecanismos adaptativos como la utilización de energía de las reservas corporales. La activación de este mecanismo compensatorio durante el primero y segundo tercio de gestación generalmente no impacta en una pérdida drástica del estado de carnes de la oveja, ya que los requerimientos son mínimos (Wu *et al.*, 2006). No obstante, el nivel de impacto dependerá directamente de la condición corporal a la cual haya sido empadrada la oveja. Contrariamente, el consumo de

energía durante el último tercio de gestación se vuelve crítico, reflejándose cualquier deficiencia nutricional en el peso al nacimiento de los corderos (Gardner *et al.*, 2007). En los último 50 d preparto se da el mayor crecimiento fetal (70 a 80%) (Durak y Altiner, 2006; Gursel *et al.*, 2010) y desarrollo de la glándula mamaria (Banchero *et al.*, 2006), siendo necesario incrementar la disponibilidad de nutrientes en sangre. Mientras que las demandas de EM se incrementan hasta 50% sobre los requerimientos de mantenimiento (Freetly y Leymaster, 2004), las demandas de PC solamente se incrementan en 33% (Schloesser *et al.*, 1993). Conjuntamente, en el último tercio de gestación, el consumo voluntario de alimento declina, principalmente por cambios hormonales y por la compresión que ejerce el útero sobre el rumen (Forbes, 1971), siendo mayor a medida que avanza la gestación (Forbes, 1968, 1970; Coffey *et al.*, 1989) e incrementa el tamaño de camada (Reid y Hinks 1962). Por esta razón se recomienda que el alimento suministrado durante el último tercio de la gestación sea denso en energía y proteína, ya que con menor cantidad de alimento consumido las ovejas pueden llenar sus demandas de EM y PC de mantenimiento, así como de desarrollo fetal y lactacional. De acuerdo al peso vivo, el NRC (2007) señala que una oveja de 60 kg gestando dos fetos demandan diariamente 3.94 Mcal de EM/kg de MS y 13% PC, debiendo consumir 1.65 kg de alimento formulado a 2.39 Mcal de EM /kg de MS.

2.2.3. Altas temperaturas

Cada especie animal, inclusive cada raza de la misma especie, se caracteriza por expresar su potencial biológico productivo dentro de un ambiente de confort (zona termoneutral), sin necesidad de realizar un esfuerzo adicional para mantener su equilibrio de homeostasis corporal. Los límites de la zona termoneutral para ovinos se encuentran entre 18 y 27°C (Fuquay, 1981). En estas condiciones de termoneutralidad, los ovinos se mantienen en

equilibrio homeostático, es decir, sus constantes fisiológicas tales como temperatura corporal, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria y temperatura rectal permanecen dentro de parámetros normales. La temperatura corporal oscila entre 39 a 40°C, la frecuencia cardiaca de ovejas adultas es de 70 a 80 latidos por minuto, la tasa respiratoria de 12 a 15 respiraciones por minuto (Jaksch y Glaswischnig, 1978), y la temperatura rectal está dentro de un rango de 39.1 a 39.5°C (Bell *et al.*, 1989). Cabe mencionar que los rangos normales de estas variables fisiológicas pueden variar por la raza, estado fisiológico y alimentación (Hoffman, 2010).

Los ovinos, al igual que cualquier mamífero homeotermo, tienen la capacidad de regular su temperatura corporal interna respecto a la del medio ambiente externo para mantener un equilibrio homeostático (Mendoza *et al.*, 2010). Sin embargo, variaciones de las temperaturas ambientales, ya sea por encima o debajo de la zona termoneutral, comprometen el equilibrio homeostático en los animales, ocasionándoles estrés por frío o calor.

El impacto fisiológico del estrés calórico en ovejas preñadas durante el último tercio de gestación es muy similar al impacto que genera la restricción nutricional en esta etapa de preñez. Sin embargo, las rutas metabólicas y endocrinológicas que siguen las ovejas en ese estado para hacer frente a ambos tipos de estrés (nutricional y de calor) son muy diferentes. Así, el estrés calórico en el último tercio de gestación de las ovejas deprime el crecimiento fetal, el desarrollo de las glándulas mamarias, la síntesis y secreción de calostro y la producción de leche durante la lactancia (Marai *et al.*, 2008; Abdalla *et al.*, 1993). Adicionalmente, el retardo en el crecimiento fetal produce bajos pesos al nacimiento de las crías y los vuelve muy susceptibles a morir en los primeros días de vida (Mellor, 1983; Holmes *et al.*, 1986; Mellado *et al.*, 2000). Además, el estrés calórico durante el parto también genera una disminución en el consumo de alimento, lo cual provoca que en el período

post-parto el reinicio de la actividad reproductiva se alargue como consecuencia de un desbalance energético negativo (Marai *et al.*, 2008). El esfuerzo por disipar calor corporal a través del jadeo e incremento de la frecuencia respiratoria durante el último tercio de gestación, reduce la disponibilidad de energía, que como consecuencia y de manera inevitable reduce la cantidad de nutrientes suministrados a la placenta y al feto (McCrabb y Bortolussi, 1996). Además, la reducción del flujo sanguíneo útero-placenta a causa de la redistribución hacia la periferia, es también un factor predisponente a que las necesidades de los diferentes procesos fisiológicos durante esta etapa no sean cubiertas de manera óptima (Bell *et al.*, 1989).

2.3. Impacto del ambiente uterino sobre el periodo postparto

El bienestar y el óptimo crecimiento en los animales son fundamentales para que logren expresar su máximo potencial productivo. La expresión de crecimiento y comportamiento productivo es determinada por la genética adquirida de sus progenitores, sin embargo, dicho potencial puede ser modificado o programado por la genética de la madre y el nivel de nutrientes direccionados al útero materno durante la gestación, alimentación después del nacimiento y otros factores ambientales en el cual se desarrollen (Cowley *et al.*, 1989; Gardner *et al.*, 2007). El genotipo materno, la nutrición y ambiente uterino materno regulan el desarrollo embrionario, crecimiento fetal, peso al nacimiento, y consecuentemente, de manera indirecta el bienestar y crecimiento posnatal (Wu *et al.*, 2006).

2.3.1. Desarrollo de las crías

El principal objetivo en cada sistema de producción animal es incrementar la eficiencia en la utilización del alimento a la vez que se obtiene abundante y adecuada calidad de carne, huevo, leche y lana. Sin embargo, la restricción de crecimiento fetal ha sido uno de los

principales obstáculos para lograr de manera exitosa dichos objetivos de producción (Wu *et al.*, 2006). Las características de producción antes mencionadas han sido estrechamente relacionadas al peso al nacimiento, variable que en primera instancia es reducida en respuesta a un medio uterino restringido debido a cuestiones mecánicas (capacidad uterina) o fisiológicas (restricción nutricional).

Recientemente se realizó un estudio en ovinos para evaluar el efecto del ambiente uterino sobre el crecimiento postnatal de los corderos (Kumar, 2010). El peso promedio al nacimiento de corderos nacidos de madres con restricción de nutrientes fue 900 g más bajo respecto a los corderos nacidos de madres alimentadas adecuadamente, mientras que a los seis meses estas diferencias aumentaron a 1.7 kg. Este estudio ejemplifica el efecto negativo de un ambiente uterino restringido en nutrientes sobre el crecimiento post-natal en los corderos, sugiriendo que los corderos nacidos de madres con restricción de nutrientes no fueron capaces de alcanzar las tasas de crecimiento de los corderos de madres alimentadas adecuadamente, a pesar de que recibieron el mismo nivel de alimentación. Adicionalmente, en ese mismo estudio se detectó que los efectos negativos de restricción nutricional maternos no se limitaron al crecimiento postparto de la crías, sino también a sus características de canal. Dicho comportamiento se relacionó con baja capacidad de utilización de nutrientes, presumiblemente debido a que tales corderos poseían menos receptores para la utilización de ácidos grasos y glucosa (Petersen y Shulman, 2002). Además, neonatos producto de un ambiente restringido pueden presentar apariencia física y conducta normal, sin embargo, varios de sus órganos pueden no estar funcionalmente maduros (Wu *et al.*, 2006).

Por otro lado, los bajos pesos de las crías se correlacionan positivamente con altas tasas de mortalidad neonatal, particularmente en los primeros días de nacidos y bajo

condiciones climáticas adversas (Mellor, 1983). La mortalidad pre-destete se debe a las disfunciones respiratorias e intestinales que los neonatos padecen como consecuencia de la restricción de crecimiento intrauterino, aparte de su susceptibilidad a sufrir hipotermia debido a su deficiente mecanismo termogénico y bajas reservas energéticas (Mellor, 1983). Shelton y Huston (1968) evaluaron el efecto del tiempo de exposición a estrés calórico sobre los pesos al nacimiento, porcentajes de sobrevivencia y pesos de las crías a 170 d, encontrando que la exposición a estrés calórico durante la gestación afectaba negativamente los pesos al nacimiento y porcentaje de sobrevivencia. Este efecto se hizo más evidente conforme el tiempo de exposición se incrementó. El estrés calórico, además de reducir entre 30 y 32% los pesos al nacimiento (Brown *et al.*, 1977; Hopkins, 1980), también afecta negativamente el tamaño corporal (Hopkins, 1980) y de órganos como el hígado y el riñón (Brown *et al.*, 1977).

2.4. Galactogénesis

En la oveja, el mayor crecimiento y desarrollo de la glándula mamaria toma lugar durante los últimos 30 d de la gestación, y es determinante para la producción de calostro al momento del parto (Mellor, 1985; Banchemo *et al.*, 2006). La síntesis y secreción de calostro requiere de un complejo hormonal y nutricional, iniciando con la caída de progesterona, un dinámico incremento en la secreción de cortisol y prolactina, así como un incremento del flujo sanguíneo hacia la glándula mamaria para elevar el suministro de sustrato metabólico a dicho órgano (Delouis, 1978; Banchemo *et al.*, 2006). La síntesis de la glándula mamaria comienza primeramente con la producción de pequeñas cantidades de componentes de leche que permanecen en la luz del alveolo, y tres días antes del parto, como consecuencia de una rápida hipertrofia de las células del epitelio mamario, se inicia una acelerada síntesis de calostro. El calostro es la primera secreción de la glándula mamaria después del parto; provee

inmunoglobulinas, enzimas, hormonas, factores de crecimiento y péptidos neuroendócrinos a los corderos durante las primeras horas de vida. Estos elementos satisfacen sus necesidades metabólicas y de protección de las agresiones del medio ambiente externo durante las primeras horas de vida. El calostro ovino contiene aproximadamente 7% de grasa, 4% caseína, 5% lactosa y 82% de agua (Nowak y Poidron, 2006). Factores como el estrés calórico y restricción nutricional alteran la producción y composición de la leche (Abdalla *et al.*, 1993). Por ejemplo, el estrés calórico en ovinos decrece la producción de leche corregida al 4% de grasa, el porcentaje de grasa y la proteína en leche durante los primeros 42 d post-parto (Abdalla *et al.*, 1993). Lo anterior da como resultado una inhibición de la actividad metabólica de las células de la glándula mamaria por efecto del incremento en la temperatura corporal y decremento en el consumo de alimento, ya que bajo condiciones de alta temperatura una estrategia para reducir la producción de calor metabólico y prevenir una futura hipertermia es la reducción de la actividad celular (Abdalla *et al.*, 1993). Similares resultados han sido observados en vacas lecheras, esto es, reducción de la producción de leche corregida al 3.5% de grasa y del porcentaje de grasa y proteína en leche (Knapp, 1991)

2.5. Suplementación energética preparto

El conocimiento de los mecanismos a través de los cuales la restricción de crecimiento intrauterino afecta el peso al nacimiento de los corderos y su subsecuente comportamiento posnatal es bien definido. Por lo tanto, desarrollar y conocer estrategias de manejo que focalicen periodos específicos de la gestación puede ser benéfico para prevenir la restricción de crecimiento intrauterino. Estas estrategias han incluido terapias hormonales, la suplementación energética y proteica, el suministro de nutrientes antioxidantes, así como la manipulación de aminoácidos (Wu *et al.*, 2006).

La suplementación energética en la etapa gestacional mejora el comportamiento reproductivo, la condición corporal y el peso vivo de las ovejas, así mismo, pesos y tasas de sobrevivencia de los corderos al nacimiento (Godfrey *et al.*, 2003; Marai *et al.*, 2008). Varios estudios han coincidido en reportar que la suplementación energética durante el último tercio de gestación, comparado con la suplementación al inicio o intermedio de la preñez, ha favorecido mayormente la producción de corderos para el abasto, ya que promueve el crecimiento fetal, el desarrollo de glándula mamaria, el metabolismo de la hembra y la secreción láctea de una forma más eficiente. Como consecuencia, promover un óptimo medio uterino no solo puede asegurar un adecuado crecimiento fetal sino que también un crecimiento posnatal adecuado, además de que reduce el riesgo de enfermedades crónicas en la vida postnatal (Wu *et al.*, 2006).

2.5.1. Suplementación energética preparto en ambiente termoneutral

En la oveja, la deficiencia nutricional más común relacionada a la dieta es la deficiencia de energía, siendo más notorio en el último tercio de gestación. Como respuesta compensatoria ante la deficiencia de energía, los animales se ven en la necesidad de hacer uso de sus reservas corporales, causando pérdidas de peso vivo y condición corporal (Sejian *et al.*, 2010). Además, produce cambios en la función endocrina declinando los niveles de glucosa, proteína y colesterol en plasma (Marai *et al.*, 2007, 2008). En casos muy severos, la deficiencia de energía ocasiona problemas metabólicos como la toxemia de la preñez (Durak y Altiner, 2006; Mavrogianni y Brozos, 2008; Sorondo y Cirio, 2011), especialmente en ovejas que gestan 3 o 4 fetos (Laporte-Broux *et al.*, 2011). En este sentido, la búsqueda de estrategias que ayuden a disminuir los efectos de las deficiencias de energía en el periparto, es una necesidad.

La suplementación energética a lo largo de la gestación mejora el comportamiento reproductivo, condición corporal y el peso vivo de las ovejas, así mismo los pesos y tasas de sobrevivencia de los corderos al nacimiento (Godfrey *et al.*, 2008; Marai *et al.*, 2008). Durak y Altiner (2006) establecieron que un consumo mayor a 2.38 Mcal/kg de EM puede asegurar la preñez sin ocasionar problemas serios de deficiencias de energía o toxemia de la preñez en ovejas Chios. Acorde con lo mencionado por Durak y Altiner (2006), Banchemo *et al.* (2004) reportaron que suplementando con maíz 14 d antes del parto a ovejas Corriedale, el peso vivo de la madre incrementaba sin cambios en la condición corporal; además el desarrollo de la ubre fue mayor. Adicionalmente encontraron que por efecto de la suplementación con maíz, la producción y viscosidad del calostro mejoró, siendo más evidente en ovejas que tuvieron gestación gemelar. Dichos resultados fueron atribuidos a que el maíz aportó glucosa extra, impactando positivamente en la síntesis de lactosa en calostro. En otro estudio (Banchemo *et al.* 2007) con ovejas Corriedale, evaluaron la suplementación gradual de 200 a 500 g/d del día 134 de gestación al parto con maíz quebrado (3.24 Mcal EM/Kg MS) o cebada (3.22 Mcal EM/Kg MS), encontrando que la suplementación con ambos productos mejoraba la secreción de calostro y el contenido de lactosa en calostro al parto (0 h), pero no en las horas subsecuentes (6 y 10 h) del parto. La viscosidad y el contenido de grasa y proteína en calostro no mejoró por efecto de la suplementación con maíz o cebada, sin embargo, se observó que las ovejas suplementadas con cebada tuvieron más altas concentraciones de urea, glucosa e insulina en plasma durante el periodo preparto que las ovejas testigo o suplementadas con maíz. Los autores concluyeron que el uso de ingredientes energético-proteicos incrementa la disponibilidad de proteína, lo cual no es muy recomendable debido a que aumentan los niveles de urea. En otro estudio, Banchemo *et al.* (2006) establecieron que la alimentación con 70% de los requerimientos nutricionales durante las últimas semanas de la gestación es inadecuado, ya

que no cubre las necesidades para una adecuada lactación. En dicho estudio, la producción de calostro fue 2.7 veces mayor en ovejas alimentadas a un 110% en comparación de ovejas alimentadas a 70% de los requerimientos de EM de acuerdo a la MAFF (1975). En general, esos resultados sugieren que tanto la suplementación con maíz quebrado como con cebada durante las últimas semanas previas al parto, son estrategias adecuadas para mejorar la producción de calostro. Además, aun cuando estos estudios no evaluaron los efectos sobre la sobrevivencia de las crías, es claro que una adecuada producción y calidad de calostro favorece un escenario propicio para la sobrevivencia de las crías durante los primeros días después del nacimiento, los cuales son los más críticos para los neonatos. La suplementación con maíz (Nowak y Poidron, 2006) y avena (Villar *et al.*, 2010) permite fortalecer el vínculo madre-cría, debido a que promueven un mejor temperamento de la oveja en las primeras horas de vida del cordero, un mayor volumen de la glándula mamaria y menor viscosidad del calostro producido (haciéndolo más fácil de mamar por el cordero). Asimismo, el peso del cordero al nacimiento es mayor en las ovejas que recibieron suplementación respecto a las no suplementadas.

Algunas investigaciones hechas en ovejas gestantes también han sugerido el uso de aceite de pescado como suplemento de ovejas gestantes, aunque los resultados no han sido los esperados. El aceite de pescado durante el último tercio de la gestación incrementó los pesos al nacimiento, sin embargo, las ovejas presentaron baja producción de calostro, lo cual se relacionó con una disminución en la sobrevivencia de las crías. Otros estudios también se han evaluado el efecto de la suplementación de proteína, ya que algunos consideran que es mejor la suplementación de este nutriente que la de energía. La suplementación con proteína de sobrepeso a ovejas gestando trillizos en condiciones de pastoreo no efecto ni los pesos al

nacimiento ni la producción de calostro al parto (Annet *et al.*, 2005). Por su parte, Dawson *et al.* (1999) compararon el uso de proteína de sobrepaso de origen animal y vegetal como suplemento preparto (6 semanas antes del parto), encontrando que la producción de calostro y los pesos al nacimiento no fueron afectados por las fuentes de proteína.

Todos estos estudios citados previamente han sido llevados a cabo en condiciones termoneutrales, sin embargo, otros investigadores en ciertas regiones del mundo han encontrado la necesidad de suplementar durante el verano, particularmente cuando las condiciones de temperatura son elevadas, ya que ocasionan estrés por calor en los animales, incrementando sus necesidades de mantenimiento. Cabe aclarar que si éstas no son cubiertas adecuadamente, puede disminuir la productividad animal afectando negativamente el retorno económico de los hatos de producción.

2.4.2. Suplementación de energía y proteína cruda bajo estrés calórico

En condiciones de estrés calórico, la productividad de los animales domésticos decrece debido a una baja en el consumo de alimento como respuesta compensatoria para mantener la homotermia (Cain *et al.*, 2006). La disminución de consumo de energía, como consecuencia del bajo consumo de alimento, genera un balance energético negativo en los animales, afectándose los niveles de producción (Bhattacharya y Hussain, 1974; NRC, 1981; Morrison, 1983; Beede y Collier, 1986; Cummins, 1992; Renaudeau *et al.*, 2012). Adicionalmente, los animales presentan otras respuestas compensatorias para regular su temperatura corporal, entre las que se encuentran las de tipo fisiológico, metabólico y endocrinológico (Cain *et al.*, 2006). Cuando el estrés calórico coincide con el desarrollo gestacional de la oveja, estos ajustes metabólicos, endocrinológicos y fisiológicos deprimen el crecimiento fetal y comprometen la

producción láctea de la madre (Bell *et al.*, 1983; Marai *et al.*, 2007 y 2008; Macías-Cruz *et al.*, 2013). De hecho, en algunas regiones áridas del mundo, es común que los sistemas de producción de pequeños rumiantes se realicen en agostadero, por lo cual en los veranos de dicha región, los animales gestantes se encuentran sometidos a condiciones de altas temperaturas combinado con alimentación inadecuada (González-Bulnes *et al.*, 2011). Los efectos detrimentales del estrés por calor son muy marcados, lo cual se traduce en baja productividad por oveja al nacimiento y al destete (Macías-Cruz *et al.*, 2012). Por ello, muchos investigadores han enfocado sus estudios en incrementar la densidad energética en la dieta como una estrategia para mantener el consumo de energía y proveer energía adicional para el mantenimiento de homotermia y desarrollo de los fetos (Bhattacharya y Hussain, 1974; NRC, 1981; Morrison, 1983; Beede y Collier, 1986; Cummins, 1992; Renaudeau *et al.*, 2012).

En condiciones de estrés calórico los requerimientos de energía incrementan, mientras la eficiencia en su utilización disminuye (Bhattacharya y Hussain, 1974; NRC, 1981). Esto es debido principalmente a los incrementos en los requerimientos de mantenimiento, resultado de un acelerado metabolismo corporal y alta actividad física para disipar la carga de calor. Por ejemplo, el jadeo acelerado puede incrementar los requerimientos de mantenimiento de entre 7 a 25%, dependiendo de la intensidad del estrés calórico (NRC, 1981). Conjuntamente, la alimentación con dietas altas en forraje (75%) bajo condiciones de estrés por calor, además de deprimir la digestibilidad de la materia seca, extracto etéreo y energía, incrementa la carga calórica en los animales, reflejándose en alta temperatura rectal y frecuencia respiratoria en comparación a aquellas alimentadas con dietas con 25% de forraje (Bhattacharya y Hussain, 1974; Cummins, 1992; West, 1999). En efecto, alta densidad energética digestible en las dietas con alto contenido de granos y bajo contenido de fibra durante estrés calórico ha

resultado en incrementos de la productividad (West, 1999). Shioya (2002) reportó que vacas Holstein alimentadas con un nivel alto (77%) de nutrientes digestibles totales redujeron significativamente su temperatura corporal y frecuencia respiratoria en comparación con vacas alimentadas con dietas conteniendo entre 70 y 74% de nutrientes digestibles totales.

Existen evidencias que sugieren la utilización de grasas para incrementar la eficiencia energética en el alimento y reducir el incremento de calor en los animales. En vacas lecheras, la adición de grasa a la dieta ha incrementado la producción de leche y reducido la producción de calor (Skaar et al., 1989; Huber *et al.*, 1994). La suplementación con 5% de grasa en la dieta incrementó el consumo de MS y la producción de leche sin afectar la temperatura rectal (40.4 vs 40.2 °C) y frecuencia respiratoria (49 vs 48 respiraciones por 30 segundos; Knap y Grummer, 1991).

A diferencia del ganado lechero, en ovinos existe poca información sobre suplementación energética bajo condiciones de estrés por calor. Por lo tanto el conocimiento de los efectos sobre el comportamiento productivo, específicamente sobre la gestación es limitada. Sin embargo, la suplementación energética antes del empadre y antes del parto en ovejas bajo condiciones de altas temperaturas ha sido clave para incrementar los parámetros productivos. En ovejas Kivircik se evaluó el efecto del nivel de suplementación energética (2.46, 2.62, 2.77 y 2.91 Mcal EM/kg MS) antes del empadre (21 días antes) sobre la productividad de la oveja (Koyuncu y Canbolat, 2009). Los resultados mostraron que incrementando los niveles de energía antes del empadre se incrementa positivamente el tamaño de camada (1.47, 1.63, 1.95 y 2.05 corderos/camada) y pesos al nacimiento (3.2, 3.4, 3.8 y 4.0 kg). De igual manera, se ha reportado que la tasa de preñez y los pesos al nacimiento fueron mayores en corderas suplementadas con un nivel de 2.86 en comparación a 2.49 Mcal

EM/Kg MS (Hosain *et al.*, 2003). Otro estudio realizado en las provincias Sudanesas donde las temperaturas oscilan entre 30 y 35°C durante la mayor parte del año y con picos de 40°C en el verano, El-Hag *et al* (1998) suplementaron cada tercer día con 150 g de semilla de cacahuete por 45 d antes del empadre y los últimos 45 d de gestación a ovejas Sudan Desert, encontrando que las ovejas suplementadas tuvieron mayor tasa de concepción (95.8 vs 66.7%) y corderos más pesados (3.9 vs 3.5 kg) en comparación a las no suplementadas. Además, la suplementación a ovejas Sudan Desert 45 días antes del parto bajo condiciones de pastoreo y altas temperaturas ambientales incrementó los porcentajes de partos dobles, pesos al nacimiento y el retorno económico (El-Hag *et al.*, 2007). Similarmente, ovejas St Croix y Barbados Blackbelly suplementadas 14 días antes del parto durante una estación seca tuvieron partos de corderos con mayores pesos al nacimiento y produjeron mayor cantidad de leche (Godfrey y Dodson, 2003).

El efecto de la suplementación sobre la termorregulación y algunos parámetros productivos en ovejas Sudan Desert fue evaluado por Elnageeb *et al* (2008). La suplementación consistió en ofrecer 500 g de una mezcla de sorgo molido y semilla de algodón en proporción 50:50. La temperatura rectal durante la gestación fue similar entre el grupo suplementado y el testigo, mientras que la frecuencia respiratoria al inicio de la gestación fue similar entre grupos experimentales, a la mitad de la gestación y el parto la frecuencia respiratoria fue mayor en el grupo suplementado. La condición corporal de las ovejas suplementadas fue significativamente más alta en todas las etapas de la gestación en comparación al grupo no suplementado. Además, la suplementación incrementó el porcentaje de partos, los cuales fueron 70% para el grupo control y 100% para el grupo suplementado, así como también los pesos al nacimiento (4.67 vs 3.97kg) y al destete (19.89 vs 14.95kg). Los

resultados de los estudios presentados anteriormente sugieren que la suplementación energética durante el último tercio de gestación en ovejas bajo condiciones de estrés por calor refleja efectos positivos sobre los parámetros productivos como es el peso de los corderos al nacimiento y la producción de leche por la madre. Indudablemente, la suplementación energética propicia un óptimo escenario para la sobrevivencia de los corderos y un adecuado crecimiento antes y después del destete. Lo interesante es que la suplementación energética no solo incrementa los parámetros productivos sino que en la mayoría de los casos favorece la termorregulación o en su defecto no lo afecta negativamente. Aunque cabe mencionar que el uso de ciertos productos como granos y forrajes de alta calidad pueden también favorecer el incremento en la temperatura corporal sino se tiene cuidado con los niveles de suplementación. Por lo tanto, evaluar otros ingredientes altamente energéticos puede ser una alternativa, tales como los aceites de origen vegetal, los cuales favorecen positivamente la termorregulación en el ganado debido a que generan poco calor metabólico (West, 2003). No obstante, en animales preñados han sido escasamente evaluados y prácticamente nulos en ovejas.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El estudio se realizó entre los meses de Abril y Agosto del 2012 en la Unidad Experimental Ovina del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, la cual se localiza en el Valle de Mexicali, Baja California en el noroeste de Mexico. La región se caracteriza por presentar un clima árido, con una oscilación térmica muy extremosa a través del año. Siendo las temperaturas máximas de 52°C y mínimas 0°C, en verano e invierno, respectivamente. La precipitación media anual es de 86 mm, la cual es errática y se concentra principalmente en los meses de Diciembre y Enero (García, 1985).

3.2. Animales, manejo y tratamiento

Un total de 30 ovejas Katahdin x Pelibuey se sometieron a finales del mes de marzo del 2012 a un programa de sincronización de estro y monta natural con el objeto de alcanzaran su último tercio de gestación (d 100-150) durante la época de verano (Julio-Agosto), ya que es cuando las condiciones ambientales generan en los animales un estado de estrés por calor (ITH superior a 72 unidades; Marai et al., 2007). El programa de sincronización de estro y monta natural consistió en introducir intravaginalmente a cada oveja una esponja impregnada de 20 mg de acetato de fluorogestona (Chronogest, Intervet, México) durante 12 d, y 24 h antes del retiro del progestágeno se les aplicó una inyección im de 300 UI de gonadotropina coriónica equina (Folligón, Intervet, México). Posteriormente, todas las ovejas se expusieron a 4 machos de raza Dorper para ser montadas bajo un sistema de montas controladas (2 montas por oveja en intervalo de 12 h, a partir de la detección del estro). Este protocolo ha sido probado con gran éxito previamente en condiciones del Valle de Mexicali (100% de respuesta a estro y

entre 90 y 95% de fertilidad; Macías *et al.*, 2009). A todas las ovejas que respondieron a dicho programa se les realizó diagnóstico de gestación a los 60 d post-servicio con un ultrasonido portátil (ESAOTE Pie Medical, Modelo Tringa Linear Vet, transductor de 3.5 Mhz). Las ovejas diagnosticadas gestantes se colocaron en otro corral donde permanecieron hasta el inicio del experimento. La alimentación de las ovejas entre el día 0 y 95 post-servicio fue con una ración que contenía 12% de PC y 2.1 Mcal de energía metabolizable (EM) /kg de MS (NRC, 2007). Tanto alimentación como agua se ofrecieron *ad libitum* durante este periodo.

Previo al inicio del experimento (d 95 post-servicio) se reconfirmó el diagnóstico de preñez de las ovejas diagnosticadas gestantes a los 60 d post-servicio. Al final, se seleccionaron 24 ovejas gestantes multíparas, con condición corporal entre 3.0 y 3.5 (escala 1-5; Russel *et al.*, 1969) y peso vivo de alrededor de 51 kg. El mismo día que se seleccionaron las ovejas también fueron asignadas a uno de dos tratamientos (n=12) bajo un diseño de bloques completamente al azar, donde el peso vivo fue el factor bloqueador. Los tratamientos consistieron en dietas experimentales isoproteicas (~12% PC) conteniendo 1) 2.4 (Testigo) ó 2) 3.0 (Suplementado) MCal de EM/kg de MS. El nivel de energía del grupo testigo fue acorde al 100% de EM recomendada por NRC (2007) para ovejas que se encuentran en el último tercio de preñez y gestan dos fetos, mientras que la EM de la dieta del grupo suplementado fue 25% más alta que lo recomendado por NRC (2007). Las dietas experimentales se ofrecieron del d 94 al 99 como periodo de adaptación, mientras que del d 100 hasta el parto como parte del periodo experimental. Las dietas experimentales se ofrecieron por la mañana (07:00 h) y la tarde (18:00 h) en proporción 50:50. El agua se ofreció a libre acceso. Se colectaron muestras de las dietas para análisis de composición química en el laboratorio de nutrición animal del ICA-UABC (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas de ovejas suplementadas y ovejas testigo.

Ingrediente (% en base alimento)	Testigo	Suplementado
Paja de trigo	40.0	0.0
Heno de sudán	0.0	20.0
Grano de trigo	32.0	46.4
Harina de soya	4.0	7.0
Semilla de algodón	13.0	14.0
Melaza	9.0	4.0
Aceite de soya	0.0	6.5
Premezcla (vitaminas y minerales)	0.5	0.5
Sal común	0.2	0.2
Ortofosfato	0.5	0.6
Piedra caliza	0.95	1.2
<hr/>		
Composición química (En base seca)		
Materia Seca (%)	91.1	91.4
Materia Orgánica (%)	80.5	84.5
Proteína Cruda (%)	11.5	11.8
Fibra Detergente Neutra (%)	43.6	29.1
Fibra Detergente Acida (%)	29.1	13.7
Hemicelulosa (%)	14.5	15.4
Cenizas (%)	10.5	6.9
Energía Metabolizable (Mcal/Kg)	2.4	3.0

3.3. Instalaciones

Las ovejas se alojaron en un corral durante el empadre y hasta los 95 d de gestación. Posteriormente, al inicio de la fase experimental y hasta el parto, ocho ovejas de cada tratamiento se alojaron grupalmente en dos corrales, uno por tratamiento. El resto de las ovejas (4 por tratamiento) se alojaron en corraletas individuales durante las fases de adaptación y experimental. Los corrales grupales e individuales estaban contruidos de malla y equipados con sombra hecha de lámina galvanizada al centro, bebederos y comederos. El espacio en comedero fue suficiente para evitar competencia (0.7 m) en el caso de ovejas alojadas en grupo.

3.4. Condiciones climáticas.

La información climática fue obtenida de la Estación Meteorológica de la UABC, localizada a 20 km del sitio experimental. La temperatura ambiental (T, °C), la humedad relativa (HR, %) y velocidad del viento (km/h) fueron registrados cada hora durante todo el periodo experimental. En base a esa información se estimó el índice de temperatura-humedad (ITH) tal como lo describe Hahn (1999): $ITH = 0.81 \times T + HR (T - 14.40) + 46.40$.

3.5. Mediciones y muestreos

3.5.1. Peso vivo y condición corporal

El peso vivo y la condición corporal de las ovejas se registraron individualmente cada 15 d, iniciando el d 100 de gestación hasta el parto. El peso vivo se determinó con una báscula de plataforma (capacidad de 100 kg), mientras que la condición corporal se midió usando la escala de 1 a 5 (1= muy flacas y 5= muy gordas) propuesta por Russel *et al.* (1969).

3.5.2. Comportamiento productivo

El comportamiento productivo se midió solamente a las ovejas que fueron alojadas individualmente, siendo el periodo de medición del d 100 al 145 de gestación. Cada 15 días las ovejas se pesaron individualmente para registrar peso vivo. Asimismo, diariamente, el alimento ofrecido y rechazado de un día anterior fue pesado y registrado individualmente al momento de la alimentación de la mañana. La cantidad de alimento ofrecido diariamente siempre fue suficiente para tener un rechazo de alrededor del 20%, por lo cual todos los días se ajustaba basado en el consumo del día anterior. Con esta información colectada se calculó el consumo diario de alimento, la ganancia de peso, la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia en los siguientes periodos: d 100-145, d100-115, d116-130 y d131-145.

El consumo de agua también fue medido, para lo cual los bebederos fueron previamente graduados cada 200 mL. Los registros de consumo de agua se realizaron diariamente dos veces por día, durante la mañana (06:00) y la tarde (18:00). Con esta información se calculó el consumo de agua durante la noche, la mañana y total diaria.

3.5.3 Variables fisiológicas

Variables fisiológicas como temperatura rectal, frecuencia respiratoria y temperatura de diferentes regiones de la piel (cabeza, paleta, flanco derecho, anca y vientre) se registraron para cada oveja cada 15 días dos veces por día (07:00 y 16:00 h), iniciando en el d 100 y terminando en el d 145 de gestación. Estas mediciones fueron realizadas los mismos días que se hicieron los pesajes y mediciones de condición corporal. La temperatura rectal se determinó con un termómetro digital (Delta TRAK), mientras que la temperatura de la piel se determinó con una cámara termográfica (Fluke TiR1). La frecuencia respiratoria se determinó a través del conteo del número de movimientos en el flanco derecho durante un minuto.

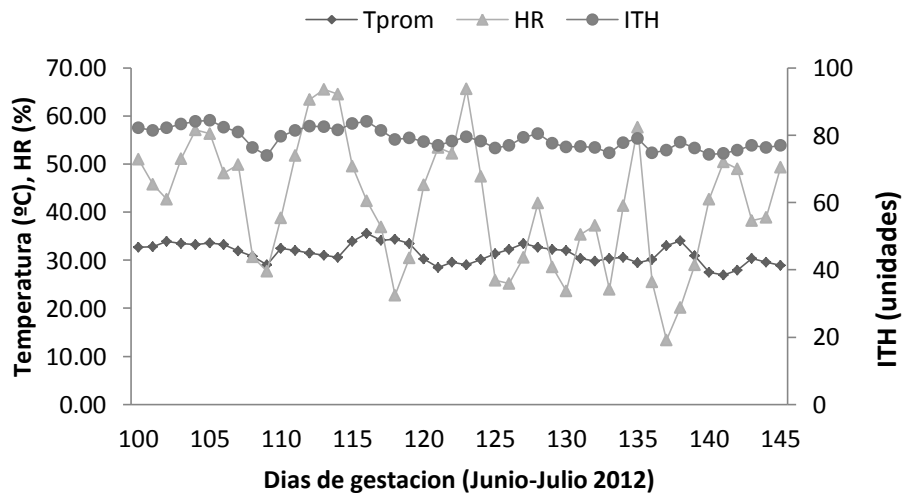
3.6 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados bajo un diseño de bloques completamente al azar, utilizando el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (2004). Al peso vivo, a la condición corporal y a las variables fisiológicas se les aplicó la opción de mediciones repetidas en el tiempo, por lo cual el modelo incluyó los efectos de bloqueo, régimen de alimentación (testigo vs. suplementadas), días de gestación (d 100, 115, 130 y 145) y la interacción de régimen de alimentación con días de gestación. En el caso de comportamiento productivo, consumo de agua preparto, producción de calostro, y estado corporal y productividad de la oveja al parto, se aplicó un análisis de varianza. Las comparaciones de medias fueron realizadas con la opción LSMEANS/PDIFF del SAS, y fueron consideradas significativas a $P < 0.05$; tendencias cuando $P > 0.05$ y $P < 0.10$. En ausencia de la interacción entre el régimen de alimentación y el tiempo, los efectos principales fueron reportados. Cuando el tiempo fue reportado como efecto principal, se realizaron polinomios ortogonales para determinar las tendencias como una función de los días de gestación a una $P < 0.05$.

4. RESULTADOS

4.1. Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales observadas a través del periodo experimental se presentan en la Gráfica 1. Los promedios para T, HR e ITH fueron 31.4°C, 41.7 % y 79.0 unidades, respectivamente. La T promedio diaria varió de 26.9 a 35.5° C, y el ITH de 73.8 a 84.4 unidades. La humedad relativa mostró una alta variabilidad durante todo el periodo experimental (13.4 a 65.7%).



Gráfica 1. Promedios diarios de temperatura ambiental (Tprom), humedad relativa (HR) e índice temperatura-humedad (ITH) durante el periodo experimental.

En el Cuadro 2 se presentan las condiciones climáticas registradas en las horas del día y la noche (20:00 a 06:00 h). La T, el ITH y la velocidad del viento fueron superiores durante las horas del día que en la noche.

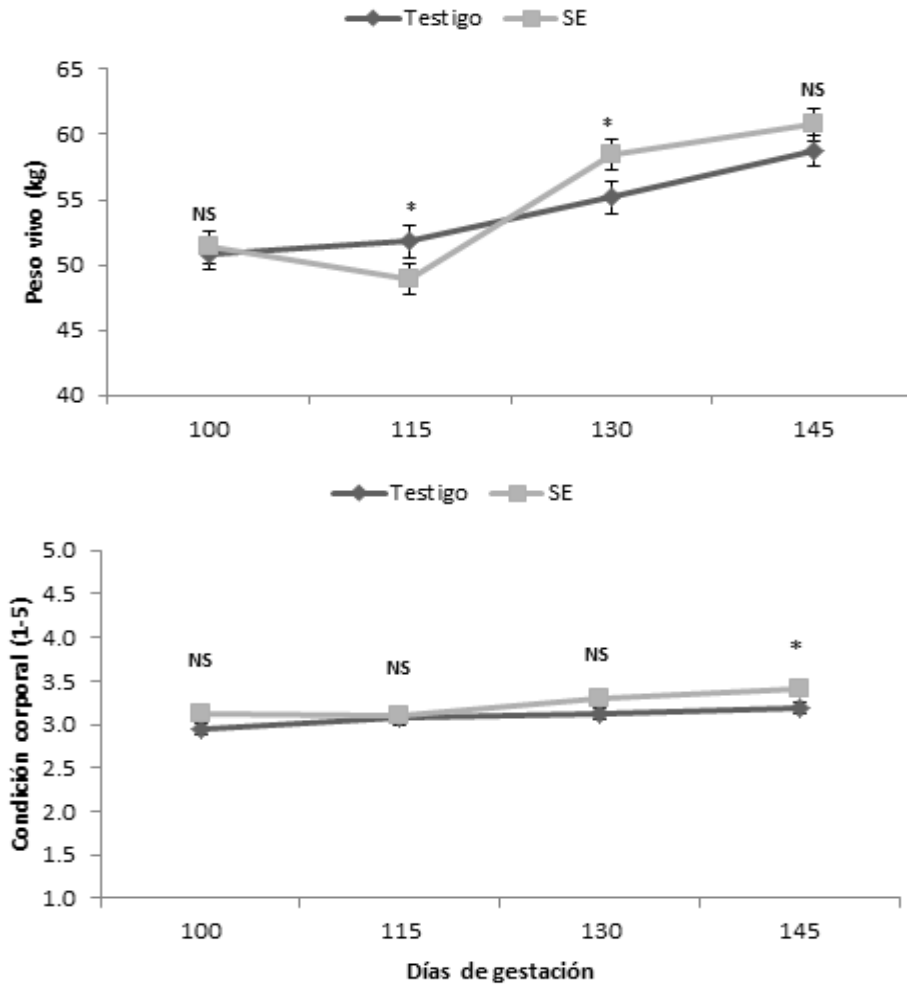
Cuadro 2. Condiciones climáticas registradas en horas del día (06:00 a 20:00 h) y de la noche (20:00 a 06:00 h) durante el periodo experimental (Junio-Julio 2012).

Variables climáticas	Días de gestación (Junio-Julio 2012)					
	100-115		116-130		131-145	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Temperatura (^o C)						
Máxima	44.3	37.7	44.3	37.7	42.8	38.9
Mínima	23.0	19.9	23.0	19.9	21.6	19.5
Promedio	36.0	27.0	35.7	26.5	36.8	29.5
Humedad relativa (%)						
Máxima	79.0	83.0	91.0	92.0	79.0	83.0
Mínima	4.0	7.0	4.0	7.0	5.0	6.0
Promedio	19.4	35.3	26.3	44.9	26.3	42.6
Índice Temperatura-Humedad (unidades)						
Máxima	85.7	81.2	86.7	81.9	88.0	85.9
Mínima	68.5	66.3	68.6	66.3	66.4	63.8
Promedio	79.3	72.2	80.0	72.7	81.7	76.4
Velocidad del viento (km/h)						
Máxima	15.6	13.4	18.8	13.4	13.9	14.3
Mínima	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Promedio	6.3	2.8	6.2	3.03	6.0	3.7

La T promedio en horas del día y la noche a la mitad (116-130) y al final (131-145) del periodo experimental fueron numéricamente más altas a las registradas al inicio (100-115) del periodo. En tanto, la HR promedio durante las horas de la noche fue más alta que en el día durante todo el último tercio de gestación. Adicionalmente, la HR promedio en horas del día y la noche registrada durante los periodos 116-130 y 131-145 d de gestación fueron más altas a los registrados al inicio (100-115 d) del periodo experimental. De igual manera, el promedio de ITH fue más alto durante el día con respecto a la noche por 7.1 (79.3 vs 72.2), 7.3 (80.0 vs 72.7) y 5.3 (81.7 vs 76.4) unidades para los días 100-115, 115-130 y 130-145 de gestación, respectivamente. En general, el promedio de ITH tanto para el día y la noche se mantuvo siempre por encima 72 unidades.

4.2. Peso Vivo y Condición Corporal

. En la Gráfica 2 se presentan los resultados de peso vivo y condición corporal. En el d 100 y 145 no se observaron diferencias ($P>0.05$) en el peso vivo entre tratamientos, pero al d 115 (48.9 vs. 51.8 kg) fue menor y al d 130 (55.2 vs. 58.5 kg) fue mayor ($P<0.01$) en suplementadas que en testigo. La condición corporal no varió ($P>0.05$) entre tratamientos en los d 100, 115 y 130, mientras que en el d 145 incrementó significativamente ($P<0.05$) por efecto de la suplementación



Gráfica 2. Efecto de la suplementación energética (SE) pre-parto sobre el peso vivo y la condición corporal de ovejas de pelo estresadas por calor (*indican diferencias entre tratamiento en cada tiempo $P < 0.05$; NS= No significativo $P > 0.05$).

4.3. Comportamiento Productivo

El Cuadro 3 presenta los resultados de comportamiento productivo en ovejas del grupo testigo o suplementadas a diferentes periodos. El peso final ($P=0.07$), la ganancia de peso total ($P=0.08$) y la ganancia diaria de peso ($P=0.08$) tendieron a ser mayores en ovejas suplementadas. La eficiencia alimenticia fue mayor ($P= 0.04$) en ovejas suplementadas que en testigo.

Cuadro 3. Comportamiento productivo de ovejas de pelo suplementadas con energía durante el último tercio de gestación, bajo condiciones de estrés calórico.

	Tratamientos		E.E.	Valor de P
	Testigo	Suplementadas		
N	4	4		
d 100 a 145				
Peso vivo inicial (kg)	49.2	50.2	1.2	0.60
Peso vivo final (kg)	58.5	63.2	1.2	0.07
Ganancia de peso total (kg)	9.3	13.0	0.8	0.08
Ganancia diaria de peso (g)	207	289	40	0.08
Consumo de alimento (kg)	1.4	1.2	0.1	0.21
Eficiencia alimenticia (g/kg)	152	244	27	0.04
d 100 a 115				
Ganancia de peso total (kg)	3.3	2.8	1.0	0.71
Ganancia diaria de peso (g)	220	184	65	0.71
Consumo de alimento (kg)	1.2	1.0	0.02	0.03
Eficiencia alimenticia (g/kg)	177	169	0.05	0.91
d 116 a 130				
Ganancia de peso total (kg)	1.5	6.4	1.4	0.03
Ganancia diaria de peso (g)	102	428	60	0.03
Consumo de alimento (kg)	1.4	1.4	0.1	0.53
Eficiencia alimenticia (g/kg)	77	294	51	0.02
d 131 a 145				
Ganancia de peso total (kg)	4.5	5.5	1.6	0.67
Ganancia diaria de peso (g)	298	366	65	0.67
Consumo de alimento (kg)	1.4	1.4	0.1	0.91
Eficiencia alimenticia (g/kg)	214	274	78	0.62

Adicionalmente, en los primeros 15 d se observó un decremento ($P=0.03$) en el consumo de alimento por efecto de la suplementación (1.04 vs. 1.24 kg), pero esto no afectó ($P>0.05$) la ganancia de peso total, la ganancia diaria de peso ni la eficiencia alimenticia. Entre los d 116-130 se observaron resultados contrarios a los observados en los primeros 15 d. En los últimos 15 d (d 131-145), el comportamiento productivo fue similar ($P>0.05$) entre ovejas testigo y suplementadas.

4.4. Consumo de agua

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de consumo de agua por efecto de la interacción tratamiento x periodo. En general, las ovejas suplementadas consumieron menos ($P<0.01$) agua en las horas luz del día (3.8 vs. 4.3 L) y a través de todo el día (6.2 vs. 7.4 L), pero fue similar ($P>0.05$) en la noche, comparado con las ovejas testigo. Cuando se evaluó el consumo de agua en periodos de 15 d, no se observó ninguna diferencia entre ovejas testigo y suplementado durante las horas de la noche, horas luz del día ó a través de las 24 h del día. Aunque entre el d 116 y 130 de gestación, el consumo de agua tendió ($P=0.08$) a decrecer por efecto de la suplementación.

Cuadro 4. Consumo de agua durante último tercio de gestación de oveja de pelo suplementadas con energía bajo condiciones de estrés calórico.

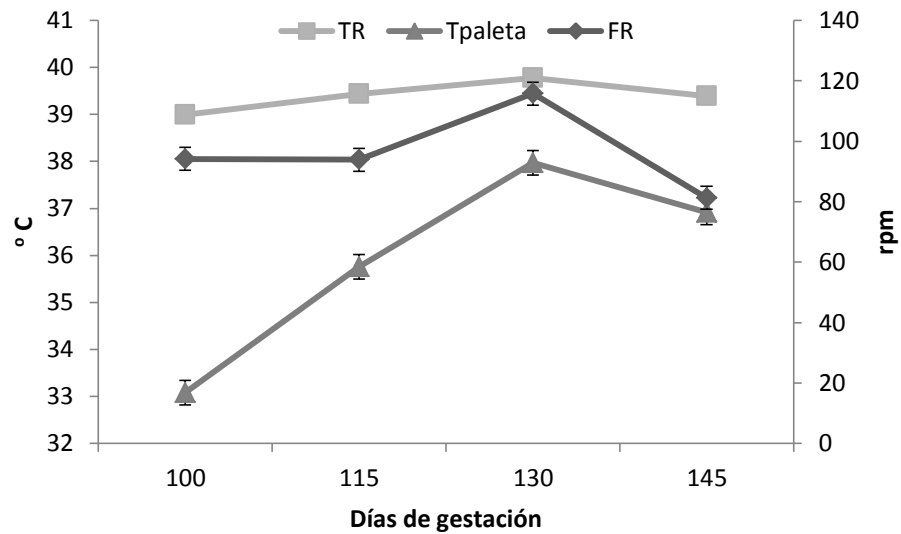
Consumo de agua (L)	Tratamientos		E.E.	Valor de P
	Testigo	Suplementadas		
d 100 a 145				
Día	4.3	3.8	0.1	<0.01
Noche	3.1	3.3	0.2	0.44
Total/d	7.4	6.2	0.3	<0.01
d 100 a 115				
Día	4.2	3.3	0.2	0.15
Noche	2.4	1.9	0.3	0.45
Total/d	6.6	5.1	0.6	0.26
d 116 a 130				
Día	4.4	3.6	0.2	0.08
Noche	3.3	2.8	0.3	0.40
Total/d	7.7	6.4	0.4	0.21
d 131 a 145				
Día	4.7	4.5	0.5	0.86
Noche	3.4	4.0	0.1	0.66
Total/d	8.1	8.5	0.1	0.85

4.5. Variables fisiológicas

La interacción tratamiento x día solamente afectó ($P < 0.05$) temperatura de cabeza, flanco derecho, anca y vientre por la mañana, ya que por la tarde ninguna otra variable fisiológica varió ($P > 0.05$) por efecto de esta interacción. En el Cuadro 5 y Gráficas 3, 4 y 5 se presentan los resultados de variables fisiológicas registradas por la mañana. La temperatura rectal, la frecuencia respiratoria y la temperatura de paleta no fueron afectadas ($P > 0.05$) por el régimen de alimentación (Cuadro 5). Sin embargo, estas variables fisiológicas presentaron un efecto cúbico ($P < 0.05$) conforme los días de gestación aumentaron de 100 a 145 (Gráfica 3), siendo en el d 130 de gestación cuando se presentaron las medias más altas para temperatura rectal (39.9°C), frecuencia respiratoria (115.7 rpm) y temperatura de paleta (38°C).

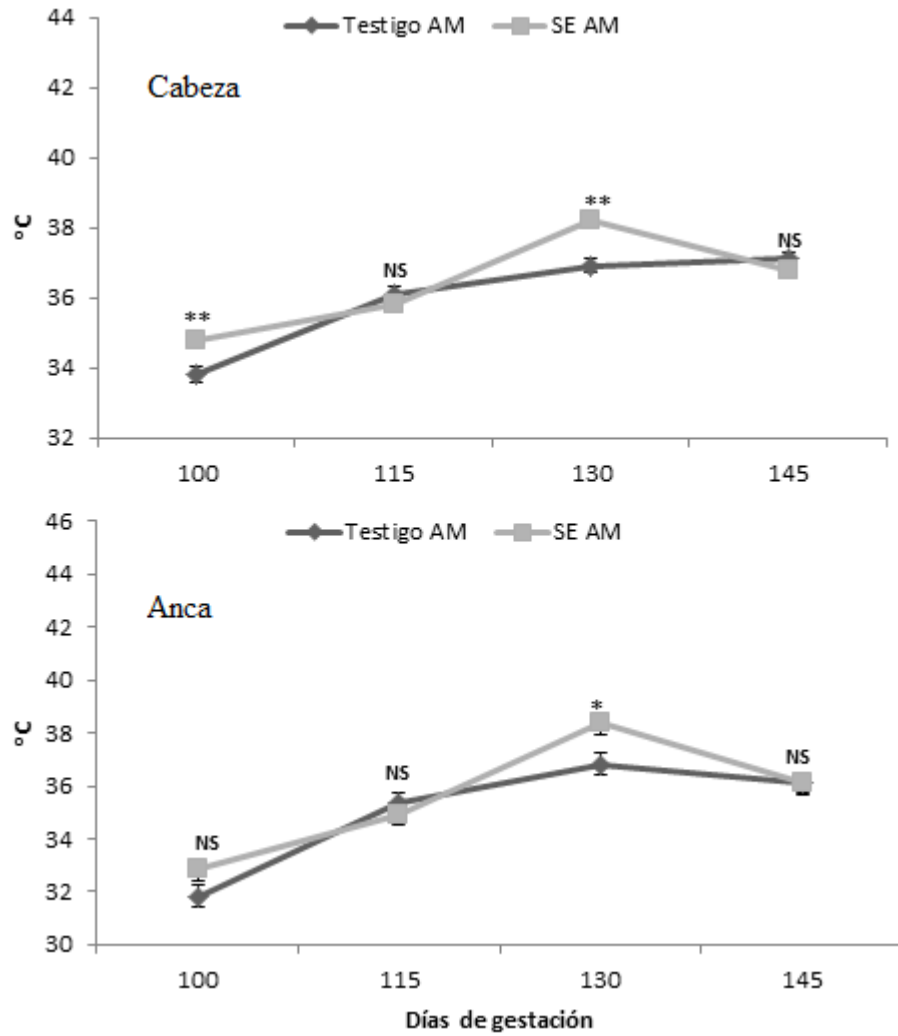
Cuadro 5. Efecto de la suplementación energética preparto sobre las variables fisiológicas registradas por las mañanas (07:00 h) en ovejas de pelo bajo condiciones de estrés calórico.

	Tratamientos		Valor de	
	Testigo	Suplementadas	E.E.	P
Temperatura rectal ($^{\circ}\text{C}$)	39.3	39.5	0.05	0.14
Frecuencias respiratoria (rpm)	97.6	94.9	2.8	0.52
Temperatura de paleta ($^{\circ}\text{C}$)	35.7	36.2	0.3	0.20

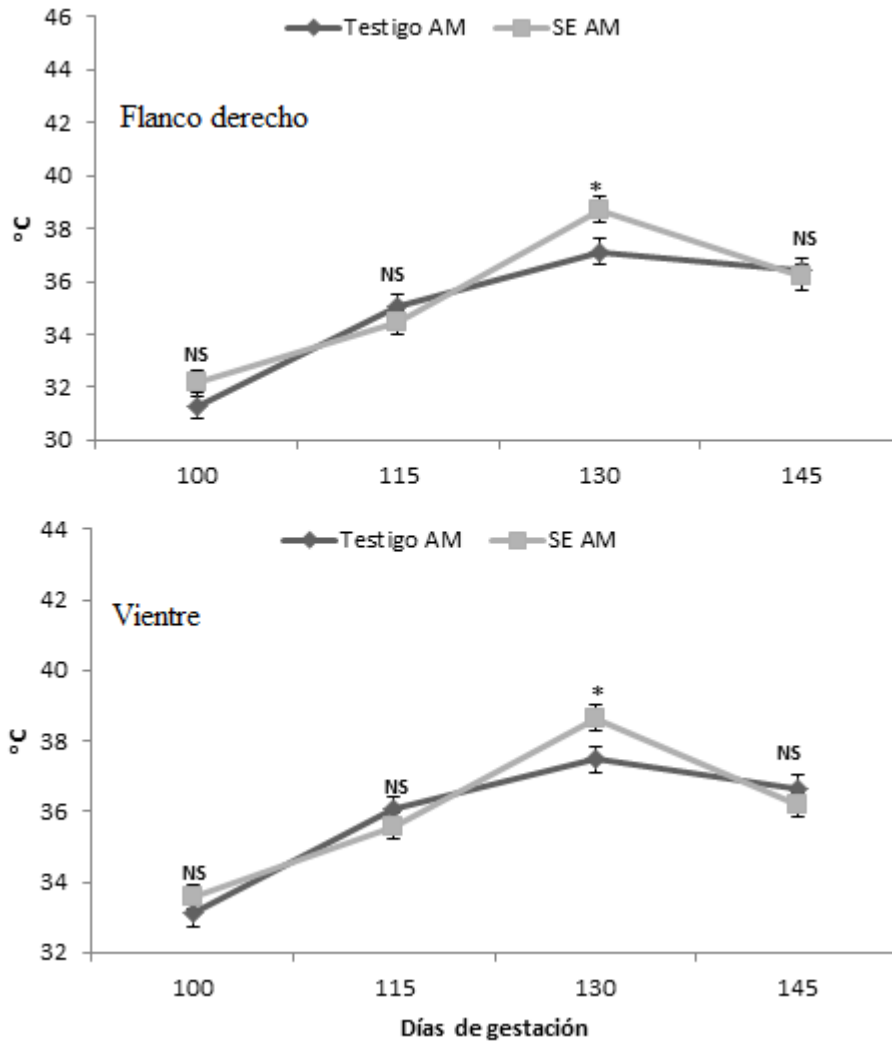


Gráfica 3. Tendencia de la temperatura rectal (TR; °C), temperatura de paleta (Tpaleta; °C) y frecuencia respiratoria (FR; rpm) durante las mañanas del último tercio de gestación de ovejas de pelo estresadas por calor ($P < 0.05$) en función de los días de gestación.

La temperatura de la cabeza fue mayor ($P < 0.01$) en ovejas suplementadas con respecto a las testigo a los d 100 y 130 de gestación, pero similar ($P > 0.05$) en los d 115 y 145 de gestación (Gráfica 4). En tanto, la temperatura del anca (Gráfica 4), flanco derecho y vientre (Gráfica 5) no mostraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos a los d 100, 115 y 145 de gestación, sin embargo, en el d 130 de gestación, la temperatura de estas regiones de la piel fueron mayores ($P < 0.05$) en ovejas suplementadas que en las testigo.



Gráfica 4. Efecto de la suplementación energética (SE) pre-parto sobre la temperatura de cabeza y anca registradas por la mañana de ovejas de pelo estresadas por calor (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ indican diferencias entre tratamiento en cada tiempo y ^{N.S.} no significativo).



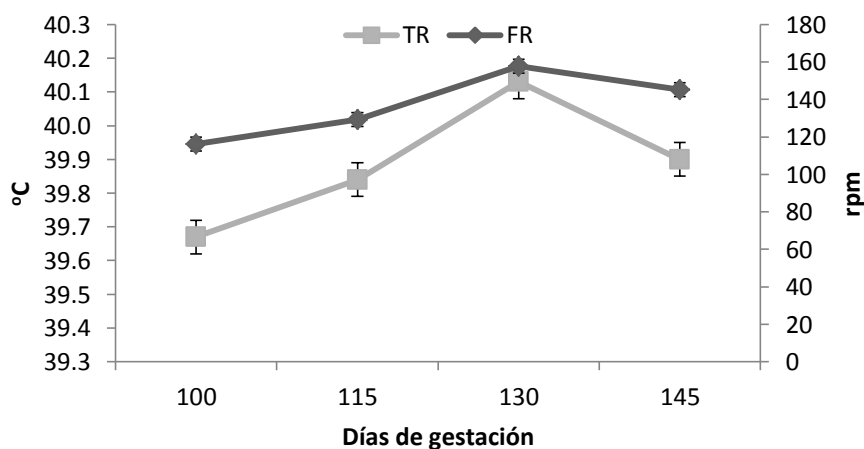
Gráfica 5. Efecto de la suplementación energética (SE) pre-parto sobre la temperatura del flanco derecho y el vientre registrada por la mañana en ovejas de pelo estresadas por calor (* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$ indican diferencias entre tratamiento en cada tiempo y ^{N.S.} no significativo).

En el Cuadro 6 y las Gráficas 6 y 7 se presentan los resultados de variables fisiológicas registrados por la tarde. Mientras que la temperatura rectal (39.8 vs. 40.0° C) y la frecuencia respiratoria (131.9 vs. 142.3 rpm) fueron mayores ($P < 0.05$) en ovejas suplementadas que en las testigo, las temperaturas de las diferentes regiones de la piel (cabeza, paleta, flanco, anca y vientre) no fueron ($P > 0.05$) afectadas por el régimen de alimentación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de la suplementación energética preparto sobre las variables fisiológicas registradas por las tardes (16:00 h) en ovejas de pelo bajo condiciones de estrés calórico.

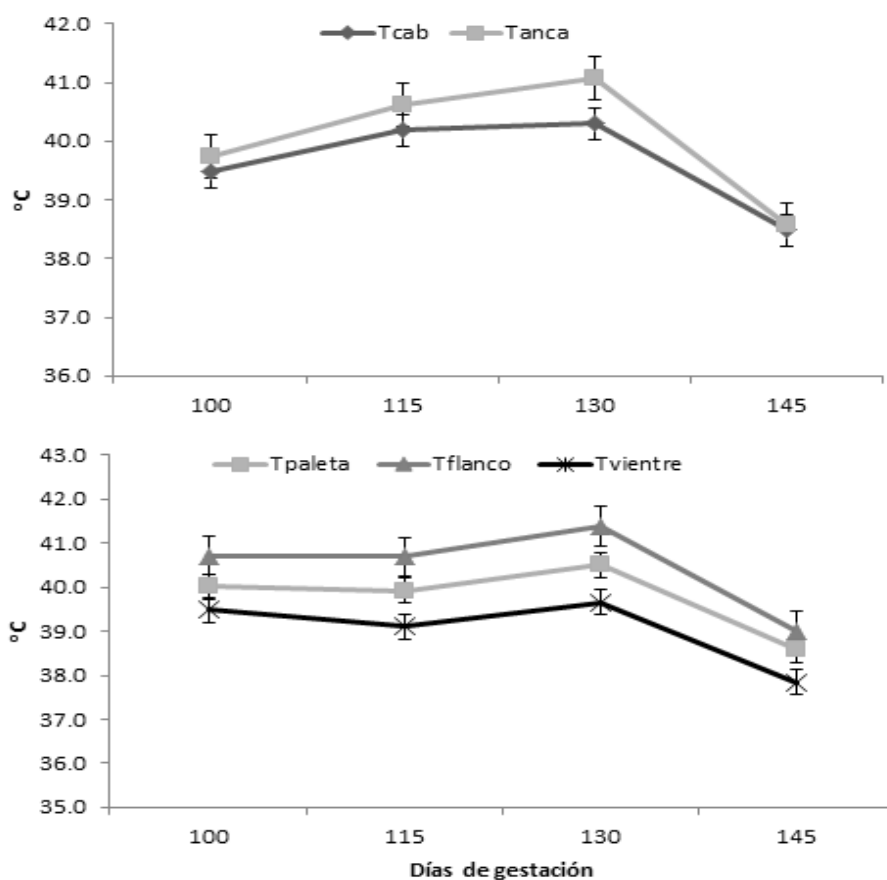
	Tratamientos		E.E.	Valor de P
	Testigo	Suplementadas		
Temperatura rectal (°C)	39.8	40.0	0.04	0.02
Frecuencias respiratoria (rpm)	131.9	142.4	2.8	0.02
Temperatura de piel (°C)				
Cabeza	39.5	39.8	0.2	0.29
Paleta	39.8	39.7	0.3	0.85
Flanco derecho	40.8	40.1	0.5	0.30
Anca	40.1	39.9	0.4	0.78
Ventre	38.8	39.2	0.2	0.16

Adicionalmente, efectos cúbicos ($P < 0.05$) fueron observados para temperatura rectal y frecuencia respiratoria (Gráfica 6) conforme el momento del parto se acercó (d 100 a d 145).



Gráfica 6. Tendencia en la temperatura rectal (TR; °C) y frecuencia respiratoria (FR; rpm) durante las tardes del último tercio de gestación de ovejas de pelo estresadas por calor ($P < 0.05$) en función a los días de gestación.

Finalmente, las temperaturas de cabeza y anca presentaron un efecto cuadrático ($P < 0.05$), mientras que las temperaturas de paleta, flanco derecho y vientre presentaron un efecto cúbico conforme la gestación avanzó del d 100 al 145 (Gráfica 7). En general, al d 130 de gestación se presentaron los valores promedio más altos para todas las variables fisiológicas. Los valores promedio más bajos se presentaron en el d 100 de gestación para temperatura rectal y frecuencia respiratoria, pero para temperaturas de las diferentes regiones de la piel fueron el d 145 de preñez.



Gráfica 7. Tendencia en la temperatura de cabeza (Tcab; °C) y en la temperatura de anca (Tanca; °C) durante las tardes del último tercio de gestación de ovejas de pelo estresadas por calor ($P < 0.05$) en función a los días de gestación.

4.6. Estado corporal y productividad al parto

En el cuadro 7 se presentan los resultados de estado corporal y productividad de las ovejas al parto por efecto de la suplementación. El peso vivo y la condición corporal al parto fueron mayores ($P < 0.05$) en ovejas suplementadas que en testigo. Esto conlleva a que las ovejas testigo presentaran una pérdida de peso al parto, mientras que las suplementadas incrementaron ligeramente su peso ($P < 0.05$). No obstante, ésta pérdida de peso no se reflejó en cambios de condición corporal ($P > 0.05$) entre tratamientos. Las variables de estudio relacionadas con productividad (peso al nacimiento, peso de camada y tamaño de camada) no fueron afectadas ($P > 0.05$) por el régimen de alimentación.

Cuadro 7. Peso vivo, condición corporal (CC) y productividad al parto de ovejas de pelo suplementadas con energía durante el último tercio de gestación bajo condiciones de estrés calórico.

	Tratamientos		E.E.	Valor de P
	Testigo	Suplementadas		
Variables al parto				
Peso vivo (kg)	48.8	51.8	1.3	0.04
Condición corporal (1-5)	2.9	3.2	0.1	0.02
Cambio de peso vivo (kg)	-2.0	0.4	1.2	0.04
Cambio en CC	-0.04	0.1	0.1	0.20
Peso al nacimiento (kg)	2.7	2.8	0.2	0.80
Tamaño de camada (n)	2.0	1.7	0.2	0.30
Peso de la camada (kg)	5.3	4.7	0.4	0.35

5. DISCUSIÓN

5.1. Condiciones climáticas

Las temperaturas diarias promedio (31.4 °C) registradas durante el periodo de estudio indican que las ovejas se mantuvieron bajo condiciones de estrés por calor [zona termoneutral= 18.0 a 27.0° C; Fuquay, (1981)], específicamente de tipo severo, ya que Marai *et al.* (2007) condiciones climáticas que generen valores superiores a 79 unidades de ITH son caracterizadas como estrés calórico de tipo severo en ovejas. Adicionalmente, se observó que a través del periodo de estudio, las temperaturas ambientales nocturnas en promedio fueron más bajas que las diurnas (27.6 vs 36.2°C), sin embargo, pese a su disminución éstas permanecieron por encima del límite superior de la zona termoneutral (Fuquay 1981). En este sentido, es evidente que las ovejas estuvieron sometidas las 24 h a condiciones de estrés calórico severo, siendo más evidente del d 116 al 145 de gestación. Similarmente, en otros estudios se ha reportado que las condiciones ambientales nocturnas de verano en el noroeste del país no son favorables para la disipación de la carga de calor en ovinos de pelo, independientemente del estado fisiológico (Macías-Cruz *et al.*, 2010; Gastelum-Delgado *et al.*, 2012; Macías-Cruz *et al.*, 2013). En general, la temperatura (31.5, 31.1 y 33.1°C), la humedad relativa (27.4, 35.6 y 34.5%) y, el ITH (75.7, 76.4 y 79.0 unidades), fueron crecientes a través del último tercio de gestación de las ovejas estudiadas tanto en el día como en la noche. Esto sugiere que conforme la gestación avanzó, el proceso de liberación de carga de calor tanto en las horas luz del día como en las horas de la noche se dificultó por efecto ambiental.

5.2 Peso vivo y condición corporal

Una respuesta comúnmente observada en ovejas suplementadas en el último tercio de gestación es un aumento significativo en el peso vivo, y consecuentemente, en la condición corporal conforme incrementa el tiempo de suplementación (Frutos *et al.*, 1998; Swanson *et al.*, 2008). No obstante, en este estudio no se observó esta respuesta sobre peso y condición corporal por efecto de la suplementación energética. La suplementación redujo el peso de las ovejas a los 15 d de iniciado el experimento, pero posteriormente se recuperaron siendo mayor que las ovejas no suplementadas al d 130 de gestación. La condición corporal solamente fue mayor en suplementadas al d 145 de gestación. Los cambios en el peso por efecto de la suplementación se atribuyeron al menor consumo de alimento observado en los primeros 15 d, el cual fue similar entre los d 116 y 130 de gestación. Asimismo, pudo haberse reflejado debido a un periodo muy corto de adaptación a la dieta de suplementada (6 d), la cual por haber sido formulada con 6.5% de aceite vegetal, pudo haber considerado 15 d de adaptación (Blanco y Rivera, 1999). Se conoce que en rumiantes, el uso de aceites vegetales no debe ser mayor al 6.5%, y que se debe tener cuidado en la forma como se adapta al animal, ya que los aceites en un inicio pueden hidrogenarse y afectar negativamente la población microbiana del rumen, además, de formar una película en las paredes celulares de los alimentos evitando que los microorganismos ruminales los degraden (Doreau y Chilliard, 1997). Esto se traduce en una reducción en la digestibilidad, un bajo consumo de alimento y una menor ganancia de peso. Aunque estos efectos no son permanentes, persisten solamente mientras la población microbiana del rumen se adapta, lo cual explica que al d 130 el peso vivo en ovejas suplementadas se incrementara por arriba del grupo testigo en alrededor de 9%.

No obstante, el mayor peso al d 130 en ovejas suplementadas no persistió hasta el d 145 de gestación, pero sí en la condición corporal, ya que el peso vivo fue similar entre tratamientos pero mayor la condición corporal en suplementadas. Posiblemente, una vez que las ovejas suplementadas llenaron sus requerimientos de nutrientes de mantenimiento y de desarrollo del producto, el exceso de energía fue direccionada para la formación de tejido graso. Varios estudios han descrito que los excesos de energía que no son aprovechables para funciones biológicas del animal y formación de músculo, son rápidamente redireccionados a la canal para la formación de tejido graso (Reeds and Mersmann, 1991). Cabe aclarar, que el proceso de lipogénesis tienen el doble de gasto energético que la proteólisis, además, el tejido graso es más voluminoso pero menos pesado (Blaxter, 1967), lo cual explica que no se haya observado diferencias en peso vivo al d 145 de gestación. En condiciones termoneutrales, Frutos *et al.* (1998) suplementaron con concentrado durante el último tercio de la gestación en ovejas y concluyeron que las suplementadas tendieron presentar un mayor peso y condición corporal al d 140 de gestación debido a que el exceso de energía en dieta era usado para formar tejido graso, el cual se fijaba principalmente en la región pélvica y en vísceras. Por lo tanto, estos resultados sugieren que en ovejas de pelo estresadas por calor no se requiere un tiempo tan prolongado de suplementación, ya que no se observaron beneficios sobre el desarrollo fetal, sugiriendo que solo existen incrementos en la deposición de grasa en la hembra.

5.3. Comportamiento productivo

En general, la suplementación energética durante el último tercio de gestación de ovejas de pelo solamente tendió a mejorar la tasa de crecimiento sin disminuir el consumo de alimento. No obstante, la adición de energía extra a la dieta provocó que las ovejas fueran más

eficientes en el uso del alimento para incrementar peso vivo. La relativa mejora en la ganancia de peso por efecto de la suplementación, aun cuando el consumo de alimento fue similar entre grupos, se debe a que las ovejas suplementadas consumieron 25% más de EM. Además, tanto los resultados de tasa de crecimiento como de eficiencia alimenticia pueden estar directamente relacionados con la significativa ganancia de peso observada en las ovejas suplementadas (102 vs. 428 g) entre los d 116 y 130 de gestación. Cabe mencionar que ningún estudio previo ha evaluado el efecto de la suplementación energética sobre comportamiento productivo durante el último tercio de gestación bajo condiciones de estrés calórico. Sin embargo, bajo condiciones termoneutrales, Meyer *et al.* (2010) reportaron similares resultados a los de este estudio cuando compararon ovejas alimentadas con 100 ó 140% de los requerimientos de EM durante la gestación según NRC 1985. Dichos autores concluyeron que el mayor incremento de peso en ovejas suplementadas no se debía necesariamente a que el feto estaba teniendo un mayor crecimiento comparado con el feto de las ovejas testigo, sino que también se estaba favoreciendo el crecimiento muscular, la deposición de grasa interna y el desarrollo de algunos órganos de la madre.

Cabe mencionar que las ovejas usadas en este estudio redujeron su consumo de alimento en 20%, independientemente del tratamiento, durante el último tercio de gestación, comparado con el indicado por el NRC (2007). Lo anterior muestra evidencia de que el estrés por calor activa un mecanismo de respuesta compensatoria para evitar generar calor metabólico, y así, prevenir una futura hipertermia (Abdalla *et al.*, 1993).

Cuando el comportamiento productivo fue evaluado dentro de periodos de 15 d, se observó que del d 100 al 115 de gestación, las ovejas suplementadas consumieron menos alimento y después dicho consumo fue similar a las ovejas testigo. Esta variación en el

consumo de alimento se debió a que la dieta del grupo suplementado tenía aceite vegetal, requiriendo un mayor periodo de adaptación. Algunos estudios sugieren que el tiempo de adaptación a dietas con aceites vegetales es de alrededor de 20 ó 25 d, y en este experimento solamente se adaptó a las ovejas por 6 d. Es posible que la inclusión de aceite de soya (6.5% de la dieta total) en la dieta de ovejas suplementadas haya ocasionado disminución en el consumo de alimento al inicio del periodo experimental. En cabras se ha reportado que la inclusión de 6% de aceite de palma a la dieta total reduce el consumo de alimento debido a alteraciones en la digestión ocasionada principalmente por la disminución de la actividad microbiana sobre los componentes de la dieta, particularmente de los microorganismos celulolíticos y metanogénicos (Otaru *et al.*, 2010). Cabe mencionar que esta reducción en el consumo de alimento no se reflejó sobre la ganancia de peso en los primeros 15 días, lo cual es explicado por el mayor contenido de EM en ovejas suplementadas, siendo esa energía suficiente para compensar la que se pudiera haber dejado de consumir debido a la reducción en 16.7% del consumo de alimento que registraron las ovejas suplementadas. En los siguientes 15 d (d 116-130), el consumo de alimento se normalizó en las ovejas suplementadas en relación a las testigo, pero como la dieta de suplementadas tenía más EM, el consumo real de energía fue mayor, provocando que las ovejas suplementadas presentaran un incremento en la ganancia de peso del 419% y 84% más de eficiencia alimenticia. Sin embargo, en forma inesperada, aun cuando el consumo de alimento fue similar entre grupos de ovejas en los últimos 15 d, y consecuentemente, el consumo de EM fue mayor en ovejas suplementadas, no se mejoró la ganancia diaria de peso ni la eficiencia alimenticia en dichas ovejas. Este resultado pudo ser debido a un cambio en la partición de energía; posiblemente las ovejas suplementadas ya habían alcanzado su límite de crecimiento y cubierto sus necesidades nutricionales antes del d 145 de gestación, de tal manera que la energía suplementada, en vez

de usarse para crecimiento fetal y depositar en forma de proteína para incremento de masa muscular, fue depositada para acumular energía de reserva en forma de tejido graso. Es sabido que en comparación con la deposición de proteína, el costo energético para la deposición de grasa es 68% más alto (Reeds y Mersmann, 1991).

5.4. Consumo de agua

Las ovejas testigo consumieron 19% más agua que las suplementadas considerando todo el último tercio de gestación. Este resultado puede deberse al alto contenido y tipo de forraje que contenía la dieta testigo comparado con la dieta experimental. El calor generado por el consumo de alimento, calor de fermentación y metabolismo de los nutrimentos es más elevado cuando los animales son alimentados con forrajes, que cuando son alimentados con raciones de concentrados. El metabolismo de los ácidos grasos volátiles es uno de los factores que mayor contribuyen al incremento calórico en los animales, siendo el ácido acético el que genera 300% más calor durante su metabolismo en comparación a los ácidos propiónico y butírico (Ku Vera, 1995). Los forrajes, ya sea en condiciones termoneutrales o de estrés por calor, producen mayor calor metabólico debido a que la proporción de ácido acético en el contenido ruminal es mayor (West, 1991; Ku Vera, 1995). En este sentido, la dieta de ovejas testigo teóricamente generó mayor calor metabólico y para mantenerse en homotermia, se vieron en la necesidad de consumir más agua. Similarmente, cabras alimentadas con forraje en condiciones de estrés por calor consumieron más agua en comparación a cabras alimentadas con alimento peletizado (Dahlanuddinn *et al.*, 1996). Un alto consumo de agua en ovejas gestantes estresadas por calor puede ser un mecanismo de enfriamiento (Abdalla *et al.*, 1993; Marai *et al.*, 2007). Contrariamente, las ovejas suplementadas consumieron menos agua, posiblemente por efecto de una reducción en la producción de calor metabólico. La reducción

de calor metabólico es debido a que la dieta contenía altas cantidades de granos, lo que generó mayor proporción de ácido propiónico y butírico, ácidos volátiles que durante su metabolismo generan menos calor metabólico en comparación al ácido acético (West, 1991; Ku Vera, 1995). Además, la utilización de la energía contenida en el aceite genera bajo calor metabólico (West, 1991).

Por otro lado, las reservas corporales pudieron contribuir a disminuir la necesidad de consumo de agua en ovejas suplementadas debido a que la combustión de los lípidos produce una gran cantidad de agua metabólica (Mellanby, 1942). En este sentido, ovejas suplementadas se mantienen en homotermia como consecuencia de una reducción en la producción de calor metabólico. Por lo tanto, la suplementación energética durante el último tercio de la gestación bajo condiciones de estrés por calor es una estrategia para reducir el estrés calórico en ovejas.

5.5. Variables fisiológicas

Las modificaciones fisiológicas y endocrinológicas que los animales adoptan sobre los mecanismos de termorregulación para mantener el balance térmico ante la exposición a altas temperaturas han sido documentadas en algunos estudios (Moberg, 2000; Meza-Herrera *et al.*, 2006; Marai *et al.*, 2008; Darcan *et al.*, 2009; Sejian *et al.*, 2010; Gozález Bulnes *et al.*, 2011). Cuando estos mecanismos fallan en la disipación de la carga de calor es inevitable que la temperatura corporal se incremente (Marai *et al.*, 2007; Marai *et al.*, 2008; Marai y Haeeb, 2010). Por otro lado, se sabe que factores como el estado fisiológico y la disponibilidad de energía tienen influencia sobre los mecanismos de termorregulación (Elnageeb *et al.*, 2008; Macías-Cruz *et al.*, 2013).

La suplementación energética no incrementó la temperatura rectal ni la frecuencia respiratoria por la mañana, aunque sí por la tarde. Estos resultados sugieren que el incremento en la densidad de energía provoca una mayor producción de calor metabólico, el cual es posiblemente disipado por medios no evaporativos en la mañana (07:00 h). En cambio, por la tarde (16:00 h), dicho calor metabólico se conjuga con el incremento de las temperaturas ambientales para aumentar la temperatura corporal, lo cual conlleva la activación de mecanismos termorregulatorios evaporativos, tales como el incremento en la frecuencia respiratoria. Dicha hipótesis puede ser comprobada con los resultados de temperatura de la piel por efecto de la interacción suplementación x día de gestación (en la mañana) y el efecto principal de suplementación energética (en la tarde). Por la mañana, las ovejas suplementadas presentaron mayor temperatura de cabeza, anca, flanco derecho y vientre al d 130 comparado con las ovejas testigo, mientras que en los otros días no hubo diferencias. Esa mayor temperatura de piel en ovejas suplementadas coincide con el incremento en el consumo de alimento e incremento en el peso vivo observado en el periodo 115-130 d de gestación. Por lo tanto, si la temperatura rectal y frecuencia respiratoria no aumentaron por la mañana debido a los tratamientos, pero la temperatura de algunas regiones de la piel aumentaron justamente con el incremento en el consumo de EM, se propone que la producción de calor metabólico fue mayor en suplementadas pero disipado muy eficientemente a través de la piel, al menos cuando el consumo de EM fue mayor en las ovejas suplementadas. Por otra parte, en la tarde, la temperatura de cabeza, paleta, flanco derecho, anca y vientre no variaron por efecto del régimen de alimentación, lo cual se atribuyó a que la temperatura del ambiente fue mayor a la del animal, consecuentemente, la oveja gestante buscó otros medios para disipar la carga de calor. Elnageeb *et al.* (2008) tampoco encontraron diferencia de temperatura rectal y frecuencia respiratoria a través de la gestación entre el grupo suplementado y el grupo testigo.

El incremento de la temperatura corporal por efecto del estrés calórico promueve que las ovejas se vean en la necesidad de ejercer respuestas compensatorias apropiadas para mantener su homeostasis y sobreponerse a condiciones ambientales estresantes (Marai *et al.*, 2007; Gonzales-Bulnes *et al.*, 2011, Macías-Cruz *et al.*, 2013). Marai *et al.* (2007) y Marai y Haebe (2010) mencionan que el incremento en la frecuencia respiratoria es el principal mecanismo fisiológico que ayuda a disipar el exceso de calor (60%) corporal en ovinos. Sin embargo, una desventaja de que se incremente la frecuencia respiratoria es que, además de incrementar el uso de energía, contribuye al aumento en la producción de calor metabólico, y por consecuencia, a la carga de calor corporal (Cain *et al.*, 2006).

En el presente estudio también se observó que en la mañana y en la tarde, la temperatura rectal y la frecuencia respiratoria incrementaron cúbicamente conforme los días de gestación del último tercio avanzaron, siendo en el d 130 cuando los valores promedio fueron más altos. Al d 145, tanto la temperatura rectal como la frecuencia respiratoria descendieron; dicha dinámica también fue observada en las temperaturas de las diferentes regiones de la piel por la tarde. Este comportamiento de las variables fisiológicas a través de los días de gestación evaluados puede estar relacionado con los patrones de consumo de alimento que presentaron las ovejas de ambos tratamientos, ya que, su consumo de alimento fue aumentando hasta los 143 d de gestación. También se sabe que conforme avanza la gestación existe un incremento en la generación de calor metabólico por parte del feto (Elnageeb *et al.*, 2008). El incremento de calor metabólico en las ovejas gestantes es debido al incremento de peso vivo (Elnageeb *et al.*, 2008) y a la pérdida de calor del feto hacia su madre (Walker *et al.*, 1995). Al d 145 de gestación se observó una caída en la temperatura de dichas variables fisiológicas, la cual también fue observada con respecto a la frecuencia respiratoria

y la temperatura en ciertas regiones de la piel (Macías *et al.*, 2013). Una posible explicación es la reducción de la producción de calor metabólico debido a la reducción de consumo de alimento observada entre el d 144 y 145 de gestación; en general, las ovejas redujeron alrededor del 20% su consumo de alimento en estos días en comparación a días anteriores.

5.6. Estado corporal y productividad al parto

Considerando que el peso a los d 100 y 145 de gestación fue similar entre tratamientos, los resultados de estado corporal de la oveja al parto sugieren que la inclusión extra de EM en el último tercio de gestación solamente es direccionada parcialmente al desarrollo de placenta y fetal, siendo el resto es usado para mantenimiento, crecimiento de músculos y aumento en los depósitos de grasa interna. Por su parte, las ovejas del grupo testigo fueron alimentadas como indica el NRC (2007), lo cual provocó que los nutrientes fueran direccionados principalmente a desarrollo fetal y placenta. Así, cuando el feto y la placenta fueron expulsados, provocó que se observara menor peso en ovejas testigo, y de hecho, con pérdidas de peso corporal de alrededor de 2 kg. Posiblemente esta pérdida de peso se deba a que la placenta de las ovejas testigo tuvieron un mayor desarrollo (datos no presentados) y no porque el feto haya sido más pesado. Lo anterior considerando que no existieron diferencias para el peso al nacimiento de las crías entre ambos grupos experimentales (testigo= 2.7 vs. suplementadas= 2.8 ± 0.8 kg). Al respecto, Robinson *et al.* (1978) mencionan que cuando el contenido uterino al parto excede la ganancia de peso vivo se relaciona positivamente con la pérdida de peso vivo.

En este estudio se esperaba que la suplementación energética durante el último tercio de gestación evitara un retardo en el crecimiento fetal por efecto del estrés por calor (Bell et

al., 1989), y que al mismo tiempo mejoraran los pesos al nacimiento y la productividad de la oveja al parto, sin embargo, no fue así. En efecto, no existieron diferencias para peso al nacimiento y productividad al parto entre los grupos experimentales. Por ello, no existe algún beneficio adicional el ofrecer dietas con mayor densidad energética (EM) durante el último tercio de gestación si se busca mejorar los pesos al nacimiento de las crías. Resulta suficiente ofrecer lo indicado por NRC (2007), es decir, 2.4 Mcal/ kg de materia seca. Congruente con este resultado, Long *et al.* (2010) no reportaron efecto de suplementación (150%) sobre el peso al nacimiento de las crías, argumentando que existía un desequilibrio en la homeostasis de la insulina-glucosa que impide que el feto se desarrolle de manera normal, ya que después de cierto tiempo de estar bajo este efecto se provoca la resistencia a la insulina, lo cual le impide de manera permanente un crecimiento adecuado.

Una de las principales hipótesis del estudio proponía que el estrés por calor reduciría el consumo de alimento, y por ende, en ovejas gestantes provocaría un retardo en el crecimiento fetal como consecuencia de la insuficiente disponibilidad de nutrientes. La hipótesis fue comprobada parcialmente, ya que el consumo de alimento se redujo en 21 %, considerando que NRC (2007) señala un consumo para ovejas de gestación múltiple en el último tercio de 1.65 kg/d, y en este estudio fue de 1.3 kg/d. Sin embargo, en las ovejas testigo, aun cuando el consumo de nutrientes estuvo por debajo de lo indicado por NRC (2007), parieron crías con similares pesos al nacer que las suplementadas. Posiblemente, los requerimientos nutricionales de las ovejas de pelo gestantes en el último tercio son inferiores a los indicados por el NRC (2007), por lo cual, realmente lo que se hizo fue suplementar al grupo testigo. Al respecto, los requerimientos propuestos por el NRC (2007) están basados en estudios realizados en ovejas de lana. Por lo anterior, se requieren realizar estudios más detallados en torno a la

alimentación de las ovejas de pelo gestantes para conocer cuáles son los requerimientos nutricionales apropiados para esta raza en dicho estado fisiológico, lo cual permitiría el diseño de estrategias de alimentación que mejoren significativamente la productividad de ovejas de pelo al parto.

6. CONCLUSIONES

Bajo condiciones de estrés calórico, la suplementación de 30% de energía metabolizable durante el último tercio de gestación comprometió la capacidad termorregulatoria de las ovejas de pelo, principalmente en horas de la tarde, ya que la temperatura rectal se incrementó hasta 40° C en esas horas del día. Esta situación promovió un incremento en la frecuencia respiratoria como principal mecanismo termorregulatorio para disipar la carga de calor acumulada en las ovejas suplementadas. Con respecto a las ovejas testigo, el incremento en el consumo de agua fue un mecanismo más efectivo para disipar calor corporal.

En el mismo sentido, la suplementación con 30% de energía metabolizable durante el último tercio de gestación de ovejas estresadas por calor no es una estrategia alimenticia recomendable para mejorar la productividad de la oveja, ya que el peso al nacimiento de las crías no se incrementó. Por lo tanto, el gasto económico generado por la implementación de dicha estrategia no es rentable ya sea desde un punto de vista biológico o económico.

Se recomienda realizar otros estudios donde se utilicen fuentes de energía distintas a aceites vegetales, considerando que en este estudio algunos resultados no fueron lo esperado. Asimismo, en futuras investigaciones probar dosis menores al 6% de aceite vegetal para no tener dichos efectos negativos.

7. LITERATURA CITADA

1. Abdalla, E.B., E.A. Kotby and H.D. Johnson. 1993. Physiological responses to heat-induced hyperthermia of pregnant and lactating ewes. *Small Ruminant Res.*, 11:125-134.
2. Allen, W.R., S. Wilsher, C. Turnbull, F. Stewart, J. Ousey, P.D. Rossdale and A.L. Fowden. 2002. Influence of maternal size on placental, fetal and postnatal growth in the horse: I. Development in utero. *J. Reprod. Sci.*, 123:445-453.
3. Annett, R.W., A.F. Carson and L.E.R. Dawson. 2005. The effect of digestible undegradable protein (DUP) content of concentrates on colostrum production and lamb performance of triplet-bearing ewes on grass-based diets during late pregnancy. *British Soc. Anim. Sci.*, 80:101-110.
4. Ates, A., A. Altiner, A. Ozpinar and E. Mostl. 2008. Effect of energy restriction on serum cortisol and its fecal metabolite (11,17-dioxoandrostan) in pregnant ewes. *Bull. Vet. I. Pulawy*, 52:373-376.
5. Banchemo, G.E., G. Quintans, A. Vazquez, 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. *Anim*, 1:625-630.
6. Banchemo, G.E., G. Quintans, G.B. Martin, D.R. Lindsay and J.T.B. Milton. 2004. Nutrition and colostrum production in sheep. 1. Metabolic and hormonal responses to a high-energy supplement in the final stages of pregnancy. *Reprod. Fert. Develop.*, 216:1-11.
7. Banchemo, G.E., R.P. Clariget, 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.
8. Bazer, F.W., T.E. Spencer, G.A. Johnson, R.C. Burghardt and G. Wu. 2009. Comparative aspects of implantation. *J. Reprod. Sci.*, 138:195-209.
9. Beede, D.K. and R.J. Collier. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *J. Anim. Sci.*, 62:543-554.
10. 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.
11. Bell, A.W. and Bauman, D.E. 1997. Adaptations of glucose metabolism during pregnancy and lactation. *J. Mammary Gland Biol.*, 2:265-278.
12. Bell, A.W., J.R.S. Hales, R.B. King and A.A. Fawcett. 1983. Influence of heat stress on exercise-induced changes in regional blood flow in sheep. *J. Appl. Physiol.*, 55:1916-1923.
13. Bhattacharya, A.N. and F. Hussain. 1974. Intake and utilization of nutrients in sheep fed different levels of roughage under heat stress. *J. Anim. Sci.*, 38:877-886.
14. Blanco M.R. and O.E. Rivera. 1999. El alimento y los procesos digestivos en el rumen. En *Sitio Argentino de Producción Animal, Fisiología Digestiva y Manejo del alimento*, Pp. 7-8.
15. Blaxter, K.L. 1967. The efficiency of energy transformations in ruminants: Energy metabolism of farm animals. EAAP. Publication 12, Oriental Press Ltd. News Castle-Upon Tyne, England.
16. Borwick, S.C., M.T. Rae, J. Brooks, A.S. McNeilly, P.A. Racey and S.M. Rhind. 2003. Undernutrition of ewe lambs in utero and in early post-natal life does not affect hypothalamic-pituitary function in adulthood. *Anim. Reprod. Sci.*, 77:61-70.

17. Brown, D.E., P.C. Harrison, F.C. Hinds, J.A. Lewis and M.H. Wallace. 1977. Heat stress effects on fetal development during late gestation in the ewe. *J. Anim. Sci.*, 44:442-446.
18. Cain, J.W., P.R. Krausman, S. Rosenstock and J.C. Turner. 2006. Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. *Wild Soc. Bull.*, 34:570-581.
19. Carrillo, L., J.C. Segura-Carmona y L. Sarmiento. 1997. Algunos factores que determinan el periodo de gestación en ovinos de pelo. *Rev. Biomed.*, 8:15-20.
20. Coffey, K.P., J.A. Paterson, C.S. Saul, L.S. Coffey, K.E. Turner and J.G. Bowman. 1989. The influence of pregnancy and source of supplemental protein on intake, digestive kinetics and amino acid absorption by ewes. *J. Anim. Sci.*, 67:1805-1814.
21. Cowley, D.E., D. Pomp, W.R. Atchley, E.J. Eisent and D. Hawkins-Brown. 1989. The impact of maternal uterine genotype on postnatal growth and adult body size in mice. *Genetics*, 122:193-203.
22. Cummins, K.A. 1992. Effect of dietary acid detergent fiber on responses to high environmental temperature. *J. Anim. Sci.*, 75:1465-1471.
23. Dahlanuddin, J., M. Thwaiteansd and K. Hill. 1996. Effects of increasing ambient temperature on the intake and digestibility of high- and low-quality feedstuffs in goats. *J. Anim. Physiol. Ann.*, 75:185-191.
24. Darcan, N.K., S. Cankaya and S.G. Karakok. 2009. The effects of skin pigmentation on physiological factors of thermoregulation and grazing behavior of dairy goats in a hot and humid climate. *Asian-Austr. J. Anim. Sci.*, 22:727-731.
25. Dawson, L.E.R., A.F. Carsona and D.J. Kilpatricka. 1999. The effect of the digestible undegradable protein concentration of concentrates and protein source offered to ewes in late pregnancy on colostrum production and lamb performance. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 82:21-36.
26. Delouis, C. 1978. Physiology of colostrum production. *Ann. Vet. Res.*, 9:193-203.
27. Doreau, M. and Y. Chilliard. 1997. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *Brit. J. Nutr.*, 78:S15-S35.
28. Durak, M.H. and A. Altiner. 2006. Effect of energy deficiency during late pregnancy in Chios ewes on free fatty acids, b-hydroxybutyrate and urea metabolites. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 30:497-502.
29. El-Hag, F.M., B. Fadlalla and M.A. Elmadih. 1998. Effect of strategic supplementary feeding on ewe productivity under range conditions in North Kordofan, Sudan. *Small Ruminant Res.*, 30:67-71.
30. El-Hag, F.M., M-K A. Ahmed, A.M. Salih, M.A. Mohamed, B. Fadlalla, A.A. Ibnoaf, and M.M.M. Ahmed. 2007. Supplementary feeding to improve Desert sheep productivity under dryland farming. *Trop. Sci.*, 47:26-32.
31. Elnageeb, M.E., A.M. Abdelatif and S.E.A. Makawi. 2008. Thermoregulation and reproductive performance of grazing Desert ewes (*Ovis Aries*) as influenced by concentrate supplementation. *Pakistan J. Biol. Sci.*, 11:2209-2216.
32. Everett-Hincks, J.M., N. Lopez-Villalobos and K.J. Stanfford. 2005. The effect of ewe maternal behaviour score on lamb and litter survival. *Livest. Prod. Sci.*, 93:51-61.
33. Forbes, J.M. 1968. The physical relationships of the abdominal organs in the pregnant ewe. *J. Agr. Sci.*, 70:171-177.
34. Forbes, J.M. 1970. Voluntary food intake of pregnant ewes. *J. Anim. Sci.*, 31:1222-1227.
35. Forbes, J.M. 1971. Physiological changes affecting voluntary food intake in ruminants. *P. Nutr. Soc.*, 30:135-142.

36. Freetly, H.C. and K.A. Leymaster. 2004. Relationship between litter birth weight and and litter size in six breeds of sheep. *J. Anim. Sci.*, 82:612-618.
37. Frutos, P., O. Buratovich, F.J. Giraldez, A.R. Mantecon and A. Wright. 1998. Effects on maternal and foetal traits of feeding supplement to grazing pregnant ewes. *J. Anim. Sci.*, 66:667-673.
38. Fuquay, J.W. 1981. Heat stress as is affects animal production. *J. Anim. Sci.*, 52:64-174.
39. García, E. 1985. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2da ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México: México, DF.
40. Gardner, D.S., P.J. Buttery, Z. Daniel and M.E. Symonds. 2007. Factors affecting birth weight in sheep: maternal environment. *J. Reprod. Sci.*, 133:297-307.
41. Gastelum-Delgado, M.G., F.D. Álvarez-Valenzuela, L. Avendaño-Reyes, A. Correa-Calderón, J.E. Guerra y U. Macías-Cruz. 2012. Activación de mecanismos termorregulatorios fisiológicos en ovejas de pelo por efecto de la carga de calor adquirida durante verano. 2da. Reunión internacional Conjunta de Manejo de Pastizales y producción Animal. Zacatecas, México.
42. Gluckman, P. and M.A. Hanson. 2004. Maternal constraint of fetal growth and its consequences. *Semin. Fetal Neonatal Med.*, 9:419-425.
43. Godfrey R. W. and Dodson R. E. 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.
44. González-Bulnes, A., C.A Meza-Herrera, M. Rekik, H. Ben Salem and R.T. Kridli. 2011. Limiting Factors and Strategies for Improving Reproductive Outputs of Small Ruminants Reared in Semi-Arid Environments. *Semi-Arid Enviroments: Agriculture, Water Suply and Vegetation*. Edit. Nova Science Publishers. Pp. 41-42.
45. González-Garduño, R.G. Torres-Hernández y J. Arece-García. 2010. Comportamiento productivo y reproductivo de ovinos Pelibuey en un sistema de pariciones aceleradas con tres épocas de empadre al año. *Zoo. Trop.*, 28:51-56.
46. Gootwine, E., A. Rozov, A. Bor and S. Reicher. 2006. Carrying the FecB (Booroola) mutation is associated with lower birth weight and slower post-weaning growth rate for lambs, as well as a lighter mature BW for ewes. *Reprod. Fert. Dev.*, 18:433-437.
47. Gootwine, E., T.E. Spencer and F.W. Bazer. 2007. Litter-size-dependent intrauterine growth restriction in sheep. *Animal*, 1:547-564.
48. Gursel, F.E., M.H. Durak and A. Altiner. 2010. Serum ceruloplasmin levels in ewes fed deficient-energy during late pregnancy. *J. Anim. Vet.*, 9:820-825.
49. Hafez, E.S.E. y B. Hafez. 2004. Transporte y sobrevivencia de gametos en: Hafez, E.S.E. and Hafez, B., 2004. *Reproducción Animal*. (7 ed.) Manole Barueri, Pp. 83-96.
50. Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Dairy Sci.*, 82:10-20.
51. Hansen, P.J. 2009. Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Phil. Trans. R. Soc.*, 364:3341-3350.
52. Hoffman, I. 2010. Climate changes the characterization, breeding and conservation of animal genetic resources. *Animal Genet.*, 41:32-46.
53. Holmes, J.H.G., S. Prasetyo, H.M. Miller and E.A. Scheurmann, 1986. Effect of chronic heat load during pregnancy on birth weighth, behavior and body composition of Australian feral goat kids. *Trop. Anim. Health Pro.*, 18:185-190.

54. Hopkins, P.S., C.J. Nolan and P.M. Pepper. 1980. The effects of heat stress on the development of the foetal lamb. *Aust. J. Agr. Res.*, 31:763-771.
55. Hossain, M.E., M. Shahjalal, M.J. Khan and A.A. Bhuiyan. 2003. Effect of dietary energy supplementation on feed intake, growth and reproductive performance of sheep under grazing condition. *Pakistan J. Nutr.*, 2:148-152.
56. Huber, J.T., G. Higginbotham, R.A. Gomez-Alarcon, R.B. Taylor, K.H. Chen, S.C. Chan and Z. Wu. 1994. Heat stress interactions with protein, supplemental fat and fungal cultures. *J. Dairy Sci.*, 77:2080-2090.
57. Jaksch, W. and Glaswischnig, E. 1978. *Propedéutica clínica de las enfermedades internas y de la piel de los animales domésticos*. Edit. Acribia S.A. Pp 290.
58. King, G. 2002. Pregnancy characteristics. *J. Dairy Sci.*, 1:2283-2290.
59. Kleemann, D.O. 1983. Review: effects of nutrition in ewes during mating, pregnancy, lactation and post-lactation, with particular reference to ewes with multiple births. Department of Agriculture, Turretfield Research Center, Rosedale, South Australia. pp: 54.
60. Klein, C. 2006. Identification of genes induced by the conceptus in the bovine endometrium during the pre-implantation period. Thesis for the attainment of the title Doctor in Veterinary Medicine from the Faculty of Veterinary Medicine of the Ludwig-Maximilians University Munich, Germany.
61. Knapp, D.M. and R.R. Grummer. 1991. Response of lactating cows to fat supplementation during heat stress. *J. Dairy Sci.*, 74:2573.
62. Koritnik, D.R., W.D. Humphrey, C.C. Kaltenbach and T.G. Dunn. 1981. Effects of maternal undernutrition on the development of the ovine fetus and the associated changes in growth hormone and prolactin. *Biol. Reprod.*, 24:125-137.
63. Koyuncu, M. and O. Canbolat. 2009. Effect of different dietary energy levels on the reproductive performance of Kivircik sheep under a semi-intensive system in the South-Marmara region of Turkey. *J. Anim. Feed Sci.*, 18:620-627.
64. Ku Vera, J.C. 1995. El incremento calórico de alimentación en los rumiantes. *Rev. Vet. Mex.*, 26:263-269.
65. Kumar, S.R. 2010. The effects of uterine environment upon embryonic, fetal, neonatal and post-natal development and glucose metabolism in sheep. Doctoral thesis, Veterinary Science at Massey University, Palmerston North, New Zealand.
66. Laporte-Broux, B., C. Duvaux-Ponter, S. Roussel, J. Promp, P. Chavatte-Palmer and A.A. Ponter. 2011. Restricted feeding of goats during the last third of gestation modifies both metabolic parameters and behaviour. *Livest. Sci.*, 138:74-88.
67. Long, N.M., L.A. George, A.B. Uthlaut, D.T. Smith, S.M. 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.
68. 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.
69. 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.

70. Macías-Cruz, U., F.D. Álvarez-Valenzuela, H.A. Olguín-Arredondo, L. Molina-Ramírez, L. Avendaño-Reyes. 2012. Ovejas Pelibuey sincronizadas con progestágenos y apareadas con machos de razas Dorper y Katahdin bajo condiciones estabuladas: producción de la oveja y crecimiento de los corderos durante el período predestete. *Arch. Med. Vet.*, 44:29-37.
71. Macías-Cruz, U., F.D. Álvarez-Valenzuela, J. Rodríguez-García, A. Correa-Calderón, N.G. Torrentera-Olivera, L. Molina-Ramírez, L. Avendaño-Reyes. 2010. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Arch. Med. Vet.*, 42:147-154.
72. Marai I.F.M. and A.A.M. Haebe. 2010. Buffalo's biological functions as affected by heat stress- A review. *Livest. Prod. Sci.*, 127: 89-109.
73. 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.
74. Marai, I.F.M., A.A. El-Darawany, A. Fadiel y M.A.M. Abdel-Hafez. 2008. Efecto del estrés calórico sobre el comportamiento reproductivo de ovinos y métodos para reducir sus efectos. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.*, 8:209-234.
75. Mavrogiani, V.S. and C. Brozos. 2008. Reflections on the causes and the diagnosis of peri-parturient losses of ewes. *Small Ruminant Res.*, 76:77-82.
76. McCrabb, G.J. and G. Bortolussi. 1996. Placental growth and the ability of sheep to thermoregulate in hot environment. *Small Ruminant Res.*, 20:121-127.
77. Mellado, M., T. Vera, C.A. Meza-Herrera and F. Ruiz. 2000. A note on the effect of air temperature during gestation on birth weight and neonatal mortality of kids. *J. Agri. Sci.*, 135:91-94.
78. Mellanby, K. 1942. Metabolic water and desiccation. *Nature*, 150: 21.
79. Mellor, D.J. 1983. Nutritional and placental determinants of foetal growth rate in sheep and consequences for the newborn lamb. *British Vet. J.*, 139:307-324.
80. Mellor, D.J. and L. Murray. 1985. 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.
81. Mendoza, G.A., A.A. Berumen, M.E. Santamaría y C.G Vera. 2010. *Diagnóstico Clínico del Ovino (1ª Ed.)*. Villahermosa, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México.
82. Meyer, A.M., J.J. Reed, T.L. Neville, J.B. Taylor, C.J. Hammer, L.P. Reynolds, D.A. Redmer, K.A. Vonnahme and J.S. Caton. 2010. Effects of plane of nutrition and selenium supply during gestation on ewe and neonatal offspring performance, body composition, and serum selenium. *J. Anim. Sci.*, 88:1786-1800.
83. Meza-Herrera, C.A. L. Martínez, C. Arechiga, R. Bañuelos, R.M Rincon, J. Urrutia, H Salinas and M. Mellado. 2006. Circannual identification and quantification of constitutive heat shock proteins (HSP 70) in goats. *J. Appl. Anim. Res.*, 29:9-12.
84. Moberg G.P. 2000. Biological responses to stress. Implications for animal welfare. In: Moberg G.P. and Mench, J.P. (eds) *The biology of animal stress: Basic principles and implications for animal welfare*. CAB International, Wallingford, UK.
85. Morrison, S.R. 1983. Ruminant heat stress: effect on production and means of alleviation. *J. Anim. Sci.*, 57:1594-1600.
86. Myatt. L. 2006. Placental adaptive responses and fetal programming. *J. Physiol.*, 1:25-30.

87. Nowak, R. and P. Poindron. 2006. From birth to colostrum: early steps leading to lamb survival. *Reprod. Nutr. Dev.*, 46:431-446.
88. NRC, 1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academy Press, Washington, DC.
89. NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small ruminants, sheep, goats, cervids, and new world camelids (1st Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
90. Oliver M.H., J.E. Harding, B.H. Breier and P.D. Gluckman. 1996. Fetal insulin-like growth factor (IGF)-I and IGF-II are regulated differently by glucose and insulin in the sheep fetus. *Reprod. Fert. Develop.*, 8:167-172.
91. Oliver M.H., J.E. Harding, B.H. Breier, P.C. Evans and P.D. Gluckman. 1993. Glucose but not a mixed amino acid infusion regulates plasma insulin-like growth factor (IGF)-I concentrations in fetal sheep. *Pediatr. Res.*, 34:62-65.
92. Osgerby, J. C., D.C. Wathes, D. Howard and T.S. Gadd. 2004. The effect of maternal undernutrition on the placental growth trajectory and the uterine insulin-like growth factor axis in the pregnant ewe. *J. Endocrin.*, 182:89-103.
93. Osgerby, J.C., D.C. Wathes, D. Howard and T.S. Gadd. 2002. The effect of maternal undernutrition on ovine fetal growth. *J. Endocrin.*, 173:131-141.
94. Otaru, S.M., A.M. Adamu, O.W. Ehoche and H.J. Makun. 2010. Effects of varying the level of palm oil on feed intake, milk yield and composition and postpartum weight changes of Red Sokoto goats. *Small Ruminant Res.*, 96:25-36.
95. Petersen, K.F. and G.I. Shulman. 2002. Pathogenesis of skeletal muscle insulin resistance in type 2 diabetes mellitus. *Am. J. Cardiol.*, 90:11G-18G.
96. Quintero-Elisea, J.A., U. Macías-Cruz, F.D. Álvarez-Valenzuela, A. Correa-Calderón, A. González-Reyna, F.A. Lucero-Magaña, S.A. Soto-Navarro and L. Avendaño-Reyes. 2011. The effects of time and dose of pregnant mare serum gonadotropin (PMSG) on reproductive efficiency in hair sheep ewes. *Trop. Anim. Health Pro.*, 43:1567-1573.
97. Rahman A.N.M.A., R.B. Abdullah and W.E. Wan-Khadijah. 2008. Gametogenesis, fertilization and early embryogenesis in mammals with special reference to goat: A review. *J. Biol. Sci.*, 8:1111-1128.
98. Ravelli, A.C., J.H. Meulen, R.P. Michels, C. Osmond, D.J. Barker and C.N. Hales. 1998. Glucose tolerance in adults after prenatal exposure to the Dutch famine. *Lancet*, 351:173-7.
99. Rebollar, P.G. and C. de Blas. 2013. Digestión de la soja integral en rumiantes. American Soybean Association and United Soybean Board. http://www.asaim-europe.org/Backup/pdf/sbinrumin_s.pdf. Consultado e l 1 julio 2013.
100. Redmer, D.A., J.M. Wallace and L.P. Reynolds. 2004. Effect of nutrient intake during pregnancy on fetal and placental growth and vascular development. *Domes. Anim. Endocrin.*, 27:199-217.
101. Reeds, P.J. and H. J. Mersmann. 1991. Protein and energy requirements of animals treated with beta-adrenergic agonists: a discussion. *J. Anim. Sci.*, 69:1532-1550.
102. Reid, R.L. and N.T. Hinks. 1962. Studies on the carbohydrate metabolism of sheep. XVII. Feed requirements and voluntary feed intake in late pregnancy with particular reference to prevention of hypoglycaemia and hyperketonaemia. *Aust. J. Agr. Res.*, 13:1092-1111.
103. Renaudeau, D., A. Collin, S. Yahav, V. de Basilio, J.L. Gourdine and R.J. Collier. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *J. Anim.*, 6:707-728.

104. Robinson, J.J., I. McDonald, I. MeHattie and R. Penmie. 1978. Studies on reproduction in prolific ewes. 4. Sequential changes in the maternal body during pregnancy. *J. Agr. Sci.*, 91:291-304.
105. Rosiles, G.C., A.F.C. Ruelas y P.A.V. Madrazo. 1995. Producción de las ovejas Pelibuey pre y posparto alimentadas con diversos aportes nutricionales. *Tec. Pec. Mex.*, 33:183-191.
106. Russel, A.J.F., J.M. Doney and R.J. Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agr. Sci.*, 72:451-454.
107. SAS INSTITUTE., 2004. SAS/STAT: User's guide statistics released 9.1 (2nd Ed.) SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.
108. Satterfield, M.C., F.W. Bazer and T.E. Spencer. 2006. Progesterone regulation of preimplantation conceptus growth and galectin 15 (lgals15) in the ovine uterus. *Biol. Reprod.*, 75:289-296.
109. Schloesser, B.J., V.M. Thomas, M.K. Petersen, R.W. Kott and P.G. Hatfield. 1993. Effects of supplemental protein source on passage of nitrogen to the small intestine, nutritional status of pregnant ewes and wool follicle development of progeny. *J. Anim. Sci.*, 71:1019-1025.
110. Sejian, V., V.P. Maurya and S.M.K. Naqvi. 2010. Adaptability and growth of Malpura ewes subjected to thermal and nutritional stress. *Trop. Anim. Health Pro.*, 42:1763-1770.
111. Shelton, M. y J.E. Huston. 1968. Effects of high temperature stress during gestation on certain aspects of reproduction in the ewe. *J. Anim. Sci.*, 27:153-158.
112. Shioya, S. 2002. Kazibunbengyu no eiyoukanri. *Livest. Tech.*, 565:12-15.
113. Skaar, T.C., R.R. Grummer, M.R. Dentine and R.H. Stauffacher. 1989. Seasonal effects of prepartum and postpartum fat and niacin feeding on lactation performance and lipid metabolism. *J. Dairy Sci.*, 72:2028-2038.
114. Song, G., F.W. Bazer and T.E. Spencer. 2007. Pregnancy and interferon tau regulate RSAD2 and IFIH1 expression in the ovine uterus. *Reproduction*, 133:285-295.
115. Sorondo, M.L. and A. Cirio. 2011. Evaluation of de serum fructosamine test to monitor plasma glucose concentration in the late-pregnant sheep. *Anim. Prod. Sci.*, 51:662-666.
116. Spencer, T.E. and F.W. Bazer 2004. Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Reprod. Biol.*, 1:1-15.
117. Spencer, T.E., A.J. Greg, F.W. Bazer and R.C. Burghardt. 2004. Implantation mechanisms: insights from the sheep. *Reproduction*, 128:657-668.
118. 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.
119. Symonds, M.E., H. Budge, T. Stephenson and I.C. McMillen. 2001. Fetal endocrinology and development- manipulation and adaptation to long term nutritional and environmental challenges. *Reproduction*, 121:853-862.
120. Turkson, P.K. and M. Sualisu. 2005. Risk for lamb mortality in Sahelian sheep on a breeding station in Ghana. *Trop. Anim. Health Pro.*, 37:49-64.
121. Villar, L., C.G. Giraudo, M. Cueto and L. Cohen. 2010. Suplementación energética previa al parto en ovejas merino y su efecto sobre el vínculo madre-cría. *Comunicación técnica No 567. INTA, España.*
122. Walker, D.W., J.R.S. Hale, A.A. Fawcett and N.M. Pratt. 1995. Cardiovascular responses to heat stress in late gestation fetal sheep. *Exp. Physiol.*, 80:755-766.

- 123.** West, J.W. 1999. Nutritional strategies for managing the heat-stressed dairy cow. *J. Anim. Sci.*, 77:21-35.
- 124.** West, J.W. 2003. Effect of heat stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 86:2131-2144.
- 125.** West, J.W., B.G. Mullinix and T.G. Sandifer. 1991. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. *J. Dairy Sci.*, 74:1662-1674.
- 126.** Wu, G., F.W. Bazer, J.M. Wallace and T.E. Spencer. 2006. Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences. *J. Anim. Sci.*, 84:2316-2337.