

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**INSTITUTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**



**SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA PRE-PARTO EN OVEJAS DE PELO  
ESTRESADAS POR CALOR: EFECTO SOBRE EL ESTADO METABÓLICO Y  
REINICIO DE LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA POSTPARTO**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

PRESENTA

**YOLANDA OSORIO MARÍN**

DIRECTOR DE TESIS

**DR. ULISES MACÍAS CRUZ**

MEXICALI, B.C. MÉXICO

AGOSTO DE 2015

La presente tesis “**SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA PREPARTO EN OVEJAS DE PELO ESTRESADAS POR CALOR: EFECTO SOBRE EL ESTADO METABÓLICO Y REINICIO DE LA ACTIVIDAD REPRODUCTIVA POSTPARTO**”, realizada por la **C. Yolanda Osorio Marín**, dirigido por el **Dr. Ulises Macías Cruz**, ha sido evaluada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado, como requisito parcial para obtener el grado de:

**Maestro en Ciencias en Sistemas de Producción Animal**

Consejo particular

---

Dr. Ulises Macías Cruz  
Director de Tesis

---

Ph. D. Leonel Avendaño Reyes  
Secretario

---

Ph. D. Abelardo Correa Calderón  
Sinodal

---

M.C. Francisco Daniel Álvarez Valenzuela  
Sinodal

## AGRADECIMIENTOS

## DEDICATORIA

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>iv</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE GRÁFICAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1 Actividad reproductiva postparto .....	3
2.2 Factores que influyen en el reinicio de la actividad reproductiva .....	5
2.2.1 Balance energético pre- y postparto.....	5
2.2.2 Lactancia.....	11
2.2.3 Ambientales.....	13
2.3 Requerimientos nutricionales durante la gestación.....	16
2.4 Impacto del estrés calórico sobre los requerimientos nutricionales en la gestación.....	19
2.5 Suplementación energética .....	21
2.5.1 Efectos sobre el estado metabólico .....	22
2.5.2 Efectos sobre el reinicio de la actividad reproductiva .....	23
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
3.1 Localización del área de estudio.....	27
3.2 Animales, manejo y tratamientos.....	27
3.3 Instalaciones.....	30
3.4 Condiciones climáticas .....	30
3.5 Mediciones y muestreos .....	30
3.5.1 Peso vivo y condición corporal .....	30

3.5.2 Muestras sanguíneas .....	31
3.5.3 Reinicio de la actividad reproductiva .....	31
3.6 Análisis estadístico .....	32
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
4.1 Condiciones climáticas .....	33
4.2 Peso vivo y condición corporal .....	34
4.3 Metabolitos sanguíneos.....	36
4.3.1 Glucosa .....	36
4.3.2 Colesterol .....	37
4.3.3 Triglicéridos .....	38
4.3.4 Proteína total .....	39
4.3.5 Urea .....	40
4.4 Reinicio de la actividad reproductiva .....	41
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>44</b>
5.1 Condiciones climáticas .....	44
5.2 Peso vivo y condición corporal .....	45
5.3 Metabolitos sanguíneos.....	46
5.4 Reinicio de la actividad reproductiva .....	50
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>53</b>
<b>7. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>54</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Ingredientes de las dietas experimentales ofrecidas a las ovejas gestantes estresadas por calor .....	24
<b>Cuadro 2.</b> Composición química de las dietas experimentales ofrecidas a las ovejas gestantes estresadas por calor. ....	26
<b>Cuadro 3.</b> Promedios de temperatura, humedad relativa y el índice temperatura-humedad durante el periodo experimental. ....	30
<b>Cuadro 4.</b> Actividad estral y ovulatoria en el postparto de ovejas de pelo suplementadas o no con energía durante el periodo preparto, bajo condiciones de un ambiente de estrés calórico.....	35

## LISTA DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Efecto de la suplementación energética preparto en ovejas de pelo estresadas por calor sobre el peso vivo y la condición corporal en el periodo pre- y postparto .....	31
<b>Gráfica 2.</b> Efecto de la suplementación energética preparto en ovejas de pelo estresadas por calor sobre la concentración de glucosa en suero durante el periodo pre- y postparto .....	32
<b>Gráfica 3.</b> Efecto de la suplementación energética preparto en ovejas de pelo estresadas por calor sobre la concentración de colesterol y triglicéridos en suero durante el periodo pre- y postparto .....	33
<b>Gráfica 4.</b> Efecto de la suplementación energética preparto en ovejas de pelo estresadas por calor sobre la concentración de proteína total y urea en suero durante el periodo pre- y postparto .....	34
<b>Gráfica 5.</b> Patrones de secreción individual de progesterona en ovejas suplementadas (a) y testigo (b) que presentaron estro. ....	36
<b>Gráfica 6.</b> Secreción de progesterona postparto en ovejas suplementadas (a) y testigo (b) que no presentaron estro .....	37
<b>Gráfica 7.</b> Efecto de la suplementación energética sobre los niveles séricos de proteína total en ovejas de pelo gestantes .....	39

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación energética durante el último tercio de gestación sobre el estado metabólico y el reinicio de la actividad reproductiva postparto en ovejas de pelo estresadas por calor. Un total de 24 ovejas multíparas gestantes Katahdín x Pelibuey (peso vivo de y condición corporal de) se asignaron bajo un diseño de bloques completamente al azar a uno de dos tratamientos alimenticios (n= 12/tratamiento), los cuales fueron ofrecidos del día 100 de gestación hasta el parto. Los tratamientos consistieron en dos dietas isoproteicas que contenían 100 (2.4 Mcal/kg de materia seca; testigo) o 125% (3.0 Mcal/kg de materia seca; suplementado) de los requerimientos de energía metabolizable. El PV y la CC se registró, asimismo, muestras de sangre se colectaron para determinación de metabolitos al d 100 de gestación, al parto y cada 20 días en el periodo postparto (d 20, 40 y 60). Adicionalmente, entre el día 20 y 60 postparto, se detectaron ovejas en estro usando machos celadores, además, muestras de sangre fueron colectadas para medir concentración de progesterona y variables relacionadas con la ovulación. Las condiciones ambientales fueron de estrés calórico moderado durante el periodo de estudio (temperatura= 33°C e ITH= 80.8 unidades). Las ovejas suplementadas tuvieron mayor (P<0.05) PV y CC durante al parto y postparto que las testigo. La concentración de glucosa fue similar (P>0.05) entre tratamientos a través de los días de muestreo. Mientras que la concentraciones séricas de colesterol, proteína total y urea fueron diferentes (P<0.05) solamente al momento del parto, la concentración de triglicéridos (P<0.05) difirió solamente al d 60 postparto. Todas diferencias encontradas en metabolitos fueron a favor de las ovejas suplementadas. El porcentaje de ovejas en estro, ovulando y con estros cortos a los

60 días postparto fue similar ( $P>0.05$ ) entre ovejas testigo y suplementadas. El intervalo parto-estro fue mayor ( $P<0.05$ ) en ovejas testigo que en suplementadas por 10 días, mientras que el intervalo parto-ovulación fue similar ( $P>0.05$ ) entre grupos de ovejas. Se concluye que la suplementación energética durante el preparto mejora el PV y la CC al parto y, en general, en el periodo postparto de las ovejas de pelo estresadas por calor, lo cual a su vez favorece la aparición más temprano del estro sin alterar el momento de la ovulación. Adicionalmente, el metabolismo de grasas y proteína es alterado por la suplementación energética, principalmente al momento del parto.

**Palabras clave:** Ovinos, gestación, energía metabolizable, metabolitos, estro.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of energy supplementation during late pregnancy upon metabolic status and resumption of the postpartum reproductive activity of hair-breed ewes under heat stress. Under a randomized complete block design, twenty-four multiparous ewes, crossed of Pelibuey x Katahdin with 96 days of pregnancy were agrouped in 12 blocks, the treatments were randomly assigned to each block. Treatments consisted in feeding ewes from day 100 of gestation to lambing with 1 of 2 isoproteic diets, wich were formulated with 100 (2.4 Mcal/kg DM; control) or 125% (3.0 Mcal/kg DM; supplemented) of their daily metabolizable energy requeriments (ME). At d100 of gestation, lambing and every 20d in the postpartum, the body weight (BW) and body condition score (BCS) were registred at the same time blood samples were collected to measure glucose (GLU), cholesterol (COL), triglycerides (TRIG), total protein (TP), urea (UREA) and progesterone ( $P_4$ ). The supplementation increase ( $P<0.05$ ) BW and BCS during the postpartum. GLU were similar ( $P>0.05$ ) between treatments, while COL, PT and UREA showed differences ( $P<0.05$ ) only at lambing; TRIG only showed at day 60 postpartum. The percentage of ewes in estrus, ewes ovulating and ovulation time were similar ( $P>0.05$ ) between treatments but supplemented ewes cycled earlier than control ewes ( $P<0.05$ ; 47.92 vs 37.96d). In conclusion, energetic supplementation during prepartum improve BW and BCS at lambing and during postpartum, and stimulates the presence of earlier estrus with no changes in ovulation time of hair ewes under conditions of heat stress.

**Key words:** Hair sheep, pregnancy, metabolizable energy, metabolites, postpartum

## 1. INTRODUCCIÓN

En regiones áridas y semiáridas del mundo, los meses de verano se caracterizan por predominar condiciones de temperaturas elevadas, las cuales promueven condiciones de estrés calórico para los ovinos y afectan negativamente la productividad del rebaño. Los ovinos estresados por calor generalmente reducen su consumo de alimento e incrementan sus requerimientos energéticos de mantenimiento, esto con el objetivo de disminuir la producción de calor metabólico y activar mecanismos de termorregulación fisiológicos, principalmente de tipo evaporativos (Marai et al., 2007). Esta combinación de bajo consumo de alimento con altos requerimiento de mantenimiento conlleva a que los ovinos remuevan sus reservas corporales, reflejándose en tasas de crecimiento bajas o hasta en pérdidas de peso vivo dependiendo del estado fisiológico, lo cual altera su estado metabólico (Ames et al., 1971; Marai et al., 2000; Sejian et al., 2010a).

Para una oveja gestante, el escenario planteado anteriormente se vuelve crítico, más aún en el último tercio de gestación, ya que en este periodo la demanda de energía es mayor para soportar el acelerado crecimiento fetal (70-80%) (Kleemann, 1983; Gursel et al., 2010), el desarrollo de la ubre y la producción de calostro (O'Doherty y Crosby, 1996). De tal manera que, en dichas condiciones, la hembra estará en balance energético negativo durante el parto, y consecuentemente al parto, lo cual no solo afecta los pesos al nacimiento de las crías y sobrevivencia de los mismos, sino que también, puede comprometer negativamente el estado metabólico materno (Gao et al., 2007) y el reinicio de la actividad reproductiva en el postparto (Zarazaga et al., 2005; Lindsay, 1991).

Algunos estudios han sugerido que la suplementación energética durante el último tercio de gestación mejora el estado corporal y metabólico de las ovejas al parto y en el postparto, lo cual puede tener repercusiones positivas sobre la producción de leche, sobrevivencia de la cría y un reinicio temprano de la actividad reproductiva en las hembras (Mahouachi et al., 2004; Capper et al., 2007; Abd-Allah 2013). No obstante, dichos estudios fueron realizados en ovejas de lana y en condiciones termoneutrales, existiendo poca información en condiciones de estrés calórico y usando ovinos de razas de pelo. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación energética durante el último tercio de gestación sobre el estado corporal y metabólico postparto en ovejas de pelo mantenidas en condiciones de producción de elevadas temperaturas en una región árida. Un segundo objetivo fue determinar los posibles beneficios de dicha suplementación sobre el reinicio de la actividad ovárica y estral de éstas ovejas.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Actividad reproductiva postparto

La actividad reproductiva comprende un conjunto de eventos fisiológicos y endocrinológicos que se desencadenan en el organismo para llevarse a cabo la reproducción en todas las especies. En términos generales, en la hembra se distingue la formación y liberación del óvulo, la fertilización, la gestación y el parto. De tal manera que una hembra en actividad reproductiva de no estar gestante, puede presentar ovulación.

La ovulación, es un evento caracterizado por la ruptura de la pared folicular para liberar al óvulo maduro del folículo. Para que ocurra dicho proceso diferentes eventos endócrinos y fisiológicos le anteceden, y otros ocurren posteriormente, formando un ciclo de ovulación. De tal manera que el proceso de ovulación se puede subdividir de acuerdo al desarrollo del complejo ovulo-folículo, los cuales se mencionan a continuación: reclutamiento de folicular, dominancia folicular, atresia folicular, maduración del folículo dominante, ovulación, formación del cuerpo lúteo y luteólisis. En ovinos, durante la ovulación la hembra exhibe conducta de estro, es decir, se muestra receptiva al macho y este evento ocurre en cada ciclo ovulatorio. Por lo que es fácil identificar cuando una hembra presenta ciclos ovulatorios o actividad reproductiva. Todos estos procesos fisiológicos son controlados por la acción de las hormonas del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas.

Durante la actividad reproductiva el hipotálamo se encarga de liberar el factor liberador de gonadotropinas (GnRH), el cual viaja a la hipófisis e induce la síntesis y liberación de la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH).

Ambas hormonas, actúan en las gónadas femeninas; por un lado la FSH se encarga de la maduración folicular, mientras la LH de desencadenar la ruptura de la pared folicular, ovulación y formación del cuerpo lúteo. Durante la maduración folicular se sintetiza el estradiol ( $E_2$ ), hormona que marca la pauta para el inicio de la secreción intermitente de LH, la cual a su vez, propicia la ovulación. Cabe mencionar que al elevarse dicha hormona es cuando la hembra exhibe conducta de estro.

Estos eventos fisiológicos y endocrinológicos normalmente se presentan en forma cíclica, es decir, si tras la ovulación el óvulo no es fecundado, el ciclo se culmina con la destrucción del cuerpo lúteo. Y así, nuevamente se da inicio a otro ciclo de ovulación, el cual puede repetirse una y otra vez, presentándose idóneamente conducta de estro en cada ciclo. De tal manera que, una hembra se encuentra reproductivamente activa cuando presenta actividad ovulatoria cíclica y ciclos estrales regulares (Hafez, 2000; Arroyo, 2011); por lo tanto, se considera ser un momento ideal para que los animales puedan aparearse.

Sin embargo, cuando el óvulo es exitosamente fecundado después del apareamiento, la hembra queda gestante. Esto implica la detención de la actividad ovulatoria cíclica, así como la presentación de estros regulares. El reinicio de esta actividad ovulatoria cíclica o bien reinicio de la actividad reproductiva se establece después del parto (Hafez, 2000). No obstante, condiciones fisiológicas y endocrinológicas deben presentarse para que ello ocurra. De tal manera que después del parto, las ovejas estarán en un periodo de anestro, el cual es comúnmente conocido como anestro postparto.

Después del parto, las hembras no presentan las condiciones físicas para el reinicio de la actividad reproductiva, ya que el tracto reproductivo se encuentra

dañado. Por lo que la hembra, inmediatamente después del parto, inicia un periodo llamado puerperio, en el cual se llevan a cabo una serie de reajustes anatómicos y fisiológicos en el tracto reproductivo para que éste se regenere (Hafez, 2000; Senger, 2005; Nowak et al., 2000). No obstante, pese a la recuperación del tracto reproductivo, otros eventos a nivel endocrino que controlan los mecanismos de ovulación se suprimen, por lo que las ovejas no ovulan ni manifiestan conducta de estro después del parto (Senger, 2005). Así, estos eventos endocrinos del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas que inducen que la ovulación se detenga generan el anestro postparto.

En el anestro postparto o bien el intervalo entre el parto y el restablecimiento de la actividad ovulatoria cíclica y ciclos estrales regulares son controlados por la interacción entre las hormonas GnRH, FSH, LH y E<sub>2</sub>, principalmente. Durante este periodo se conoce que el hipotálamo es altamente sensible a las concentraciones basales de estradiol, lo cual promueve una baja frecuencia en la secreción pulsátil de GnRH y LH. Provocando una disminución en los niveles de LH y FSH, lo que resulta en bajas producciones de andrógenos en el folículo impidiendo su desarrollo y maduración (Nett et al., 1988; Herrera-Corredor, 2008). De esta forma, el restablecimiento de la actividad ovulatoria inicia mediante un incremento en la frecuencia de secreción pulsátil de GnRH generando un incremento de LH en sangre aunque dicho incremento será incapaz para restablecer la ciclicidad, pero sí adecuado para inducir ovulación. Las ovulaciones tempranas son acompañadas por cuerpos lúteos de corta duración y al final de cada ciclo el aumento en la concentración de FSH estimula el crecimiento folicular. Al mismo tiempo la alta frecuencia de secreción pulsátil de LH induce la producción de estradiol a nivel

folicular. El cual en altas concentraciones estimula al hipotálamo exhibiendo por un lado los signos del estro y por otro induciendo la maduración folicular, la ovulación y el posterior desarrollo de un cuerpo lúteo de duración normal, finalizando de esta forma el anestro postparto (Schirar et al., 1990; Smart et al., 1994; Mbayahaga et al., 1998; Montiel y Ahuja, 2005; Arroyo et al., 2009; Morales-Terán et al., 2011; Castillo-Maldonado et al., 2013).

La duración del anestro postparto se considera determinante para poder iniciar de nueva cuenta la época reproductiva dentro de un sistema de producción (Derar et al., 2012). Lo ideal es que la hembra pueda restablecer su actividad reproductiva lo más pronto posible, para que de esta manera pueda quedar gestante nuevamente y así el sistema de producción más sea eficiente. Sin embargo, debido a diversos factores propios de la hembra y externos a ella, dicho periodo puede prolongarse ocasionando un retraso en el reinicio de la actividad reproductiva. Al respecto Galina et al. (1996) afirman que la estación del año y el largo de la lactancia de ovejas parecen ser factores clave que determinan la aparición del estro durante el periodo postparto que van desde 33 hasta 98 días en ovejas de pelo.

De tal manera, que si el periodo postparto se prolonga demasiado (>98días) el intervalo entre partos se ve afectado (Hafez, 2000; Senger, 2005); determinando así, la frecuencia de partos y la productividad del sistema de producción (Santiago-Moreno et al., 1999) viéndose reflejado ya sea a corto o largo plazo en pérdidas para el productor.

## **2.2 Factores que influyen en el reinicio de la actividad reproductiva**

El reinicio de la actividad reproductiva postparto o también conocido como reinicio de la actividad ovulatoria cíclica es controlada por mecanismos neuroendocrinos que involucran tanto hormonas, neurotransmisores y proteínas (Arroyo et al., 2011; Dobek et al., 2013; Crowe et al., 2014; Lozano et al., 1998). Aunque cabe mencionar que la supresión y el desencadenamiento de las cascadas hormonales en los diferentes centros neurales en el hipotálamo que inducen la actividad ovulatoria, también están influenciadas por señales fisiológicas propias del postparto, así como de factores ambientales (Arroyo et al., 2011, Martin et al., 2004). Los principales factores considerados como causantes del retraso en el reinicio de la actividad reproductiva son: 1) balance energético pre-y postparto, 2) lactancia y 3) factores climáticos. A continuación se describe cada uno de ellos.

### **2.2.1 Balance energético pre- y postparto**

La nutrición que perciben los animales durante la gestación es un factor que influye directamente sobre el desarrollo fetal, balance nutricional de la madre y el reinicio de la actividad reproductiva postparto en los animales, incluyendo ovinos (Zarazaga et al., 2005; Keisler and Matthew, 1996; Meikle et al., 2004). Durante la gestación, la demanda de nutrientes incrementa conforme el producto va creciendo y desarrollándose, sobre todo durante el último tercio de gestación, que es cuando el feto alcanza su máximo crecimiento (80%) del peso total al nacimiento (Kleeman, 1983; Mellor y Murray, 1985; King, 2002; Wu et al., 2004; Durak y Altiner, 2006; Gursel et al., 2010; Sen et al., 2012).

De tal manera que, si la alimentación en la gestación es deficiente o de baja calidad, las ovejas tienden a perder peso y disminuir su condición corporal a causa de la movilización de sus reservas corporales. Lo anterior provoca que las hembras

lleguen al parto con un balance energético negativo, el cual se ha demostrado en varios estudios que se extiende varias semanas después del parto, causando un retardo en el reinicio de la actividad reproductiva postparto. Ya que la foliculogénesis y la tasa ovulatoria están en función del balance nutricional. Referente a lo planteado previamente, se ha demostrado que si la disponibilidad de nutrientes no es la adecuada las poblaciones foliculares son severamente afectadas debido a que se impide su desarrollo y maduración (Haresing, 1981; Herrera-Corredor et al., 2010).

Además, el estado metabólico y las concentraciones hormonales de la oveja también se modifican, obligando a las hembras a expresar al máximo procesos conductuales que les permitan la supervivencia de su especie (Santiago-Moreno et al., 1999; Mbayahaga et al., 1998; Arroyo et al., 2009; Salas-Razo et al., 2011). En otras palabras dan prioridad al cuidado de las crías que a otras necesidades biológicas, es decir, lo primero es la producción de leche en lugar de la deposición de grasa y el reinicio de la actividad reproductiva postparto (Nowak, 2000; Wade and Jones, 2004).

En un estudio realizado en ovejas de pelo gestantes durante el último tercio, Filatoff (2013) encontró que la restricción nutricional en esta etapa gestacional promueve un balance energético negativo en el preparto, extendiéndose hasta los 60 días postparto. Dicho desbalance energético lo relacionó con un retardo en el reinicio de la actividad reproductiva postparto (30.8 vs 25.6 días) y con la presencia de un mayor número de ciclos cortos (1.3 vs 0.8) antes de presentar un ciclo con una duración normal. Similarmente, en estudios realizados en ovejas con baja condición corporal se observó un retardo o supresión parcial del estro con una tasa elevada de retorno al servicio (Mbayahaga et al., 1998; Dobson et al., 2012, Zarazaga et al.,

2005; Lindsay, 1991; Rosa y Bryant, 2003). Al respecto Mbayahaga et al. (1998) demostró que la actividad reproductiva postparto se reanuda conforme la condición corporal se recupera.

En vacas lecheras (Yavas y Walton, 2000; Marín-Aguilar et al., 2007) y especializadas en producción de carne (Randel, 1990) se encontró que un inadecuado consumo de energía durante la gestación tardía, modifica la longitud del anestro postparto, reflejándose en una tasa de gestación reducida, aun cuando el consumo de energía fue la adecuada durante el periodo postparto. Por su parte Cavestany et al. (2009) en vacas multíparas, reportaron que alimentar deficientemente en el pre y postparto en condiciones de pastoreo provocaba una baja en la condición corporal postparto y el intervalo parto a la primera ovulación se prolongó. En general, todos los estudios concuerdan en que una alimentación deficiente en el preparto condiciona la presencia de los eventos reproductivos posteriores al parto. Cabe señalar, que en ovejas de pelo poco se ha estudiado sobre el efecto de la nutrición gestacional sobre el reinicio de la actividad reproductiva.

Algunos estudios indican que hembras con baja condición corporal preparto y/o postparto que presentan un balance energético negativo reducen la síntesis y secreción de GnRH, disminuyendo la pulsatilidad de LH, lo cual da como resultado la prolongación del reinicio de la actividad reproductiva postparto (Arroyo, 2011; Tatman et al., 1990; Cavestany et al., 2009). Los desajustes metabólicos y endocrinos que involucran una condición corporal baja causan también la disminución en la concentración de metabolitos sanguíneos como glucosa y colesterol (Marai et al., 2008; Sejian et al., 2010b), lo cual podría alterar señales hormonales como leptina e insulina, y a su vez afectar el sistema neuroendocrino de la reproducción (Martin et

al., 2004). De hecho, Tatman et al. (1990) reportaron que ovejas de lana con una condición corporal  $\leq 2$  unidades presentaban bajo funcionamiento en los centros hipotalámicos encargados de los procesos reproductivos.

### **2.2.2 Lactancia**

En los mamíferos, la lactancia es un proceso que demanda una cantidad importante de nutrientes (Wade y Jones, 2004). Constituye la fase final del ciclo reproductivo y es considerado el estado fisiológico que logra suprimir la actividad ovulatoria (Arroyo et al., 2009; Smart et al., 1994; Arroyo et al., 2011; Hafez, 2002). Aunque se ha demostrado que en rumiantes, la regeneración completa del endometrio sucede entre la cuarta y quinta semana postparto, además de que la hembra ya cuenta con la capacidad para volver a quedar gestante, es común que en la mayoría de los casos esto no ocurra debido a la supresión que ejerce la producción de leche (Hafez, 2002).

No obstante, la producción de leche no es la única responsable, ya que se ha reportado que el amamantamiento, la frecuencia de ordeño y la acción de algunos neurotransmisores específicos (péptidos opioides endógenos, POEs) intervienen en diferentes niveles para inhibir el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas; evitando la secreción y liberación de GnRH, y por ende la de FSH y LH. La ausencia de la secreción pulsátil de LH provoca que los folículos dejen de crecer y no maduren ocasionando que la actividad ovárica se bloquee, retrasando el restablecimiento de la actividad ovulatoria (Senger, 2005; Rhodes et al., 2003; Arroyo, 2009).

Pérez-Hernández et al. (2002) afirman que el amamantamiento en vacas de doble propósito ocasiona un anestro postparto prolongado. En la misma especie (*Bos*

indicus y *Bos indicus x Bos taurus*) se demostró que durante el amamantamiento, el estradiol ejerce un efecto de retroalimentación negativa sobre el hipotálamo originando una disminución sobre la secreción pulsátil de GnRH y LH, sugiriendo que los POEs participan como intermediarios inhibiendo a nivel central entre la hormona esteroide y las neuronas productoras de GnRH (Gallegos-Sánchez et al., 2005).

Se ha reportado que el tiempo que el cordero permanece en contacto con la madre durante el pre-destete puede modificar la actividad reproductiva. Morales-Terán et al. (2004) demostraron que el amamantamiento continuo (donde los corderos permanecieron 24h d<sup>-1</sup> con sus madres) afecta el reinicio de la actividad reproductiva en comparación al amamantamiento restringido. Esto debido a que sólo el 70% de ovejas ovularon, presentando la primera ovulación hasta los 60.5 ± 2.7 días postparto siendo diferentes ( $P \leq 0.05$ ) respecto a ovejas que tuvieron amamantamiento restringido (donde los corderos permanecieron con sus madres por dos periodos de 20min d<sup>-1</sup>) con un 88.8% de ovejas que ovularon y 52.6 ± 2 días a la primera ovulación.

Del mismo modo Schirar et al. (1990) al comparar ovejas que amamantaron después del parto respecto a ovejas que fueron separadas de sus corderos descubrieron que efectivamente el amamantamiento retrasó el retorno de la actividad reproductiva, ya que el primer pico de LH postparto ocurrió 7 días más rápido en ovejas que no amamantaron (10±2 días) que en ovejas que sí amamantaron (17±1 días). Sugiriendo que probablemente el amamantamiento inhibe parcialmente la secreción de GnRH. Además mencionan también que la intensidad de amamantamiento (número de corderos) no modifica la duración del anestro postparto.

Similarmente, Castillo-Maldonado et al. (2013) demostraron que en ovejas de pelo, la lactancia controlada (amamantamiento por 30 minutos 2 veces al día) puede minimizar el anestro postparto, ya que 89.6% ovejas ovularon antes de los 35 días postparto con respecto a ovejas que amamantaron continuamente a sus corderos (amamantamiento por 18 horas) que fue de 52.1%. Cabe mencionar que ovejas con lactancia controlada fueron las primeras en manifestar estro. Concluyendo que la lactancia controlada y la separación del cordero de su madre, ya sea total o parcialmente; adelantan el primer estro postparto y la ovulación, acortando de esta manera el periodo de inactividad reproductiva.

### **2.2.3 Ambientales**

La reproducción en los animales se ve fuertemente afectada por factores ambientales, tales como la temperatura, lluvias, humedad relativa, entre otras (Vélez-Marín y Uribe-Velásquez, 2010). Si dichas condiciones ambientales son favorables, la actividad reproductiva de los animales se expresa a su máximo potencial. Pero inadecuadas condiciones podrían llevar a disminuir considerablemente su capacidad reproductiva (Santiago-Moreno, 2000).

Lo anterior no es nada favorable para las etapas posteriores, ya que si la oveja llega al parto con bajo peso vivo y condición corporal, se retrasará el estro y el reinicio de la actividad reproductiva postparto, se aplazará como consecuencia de un balance energético negativo, lo cual representa ser un inconveniente en la productividad de una explotación (Marai et al., 2008; Mellor, 1983; Mellado et al., 2000; Zarazaga et al., 2005; Lindsay, 1991; Rosa y Bryant, 2003).

### **2.3 Requerimientos nutricionales durante la gestación**

La gestación se considera un estado fisiológico crítico en cuanto a nutrición se refiere, es además un proceso energéticamente costoso para la madre (Durak y Altiner, 2006; Sen et al., 2012; Wu et al., 2004), ya que la nutrición materna afecta directamente el desarrollo y crecimiento del feto y de la glándula mamaria a expensas del propio bienestar materno (Wade and Jones, 2004). Por otro lado, la nutrición durante la gestación es determinante para las etapas posteriores al parto, como la lactancia y el reinicio de la actividad reproductiva postparto (Swanson et al., 2008; Muñoz et al., 2008; Sullivan et al., 2009; Cavestany et al., 2009).

Los requerimientos nutricionales de las ovejas durante la gestación se incrementan conforme el producto va creciendo y desarrollándose (Durak y Altiner, 2006; Sen et al., 2012; Wu et al., 2004). Estos requerimientos nutricionales se visualizan en función del tercio de gestación en el que se encuentren las ovejas. Durante el primer y segundo tercio, se da la placentación y cuando el feto alcanza únicamente el 20% de su desarrollo y crecimiento, por lo que las demandas nutricionales en estos dos tercios son mínimos (King, 2002). No obstante en el último tercio, a causa del crecimiento acelerado del feto (80% del peso que tendrá al nacimiento en los últimos 50 días de gestación), los requerimientos nutricionales incrementan exponencialmente. (Durak y Altiner, 2006; Gursel et al., 2010).

Entre los nutrientes de mayor importancia para ovejas gestante se encuentra la glucosa, ya que se considera ser el principal nutriente utilizado como fuente de energía por parte del feto para mantenimiento de los tejidos en desarrollo (McDonald et al., 1999). Cuando llegan a existir alteraciones que reducen el flujo de glucosa de parte de la madre hacia el feto, se ocasiona un retraso en el crecimiento fetal

(Chandler et al., 1985; Banchemo et al., 2004). Por otro lado, la proteína es otro de los nutrientes de mayor relevancia para la gestación especialmente durante el último tercio, debido a que el feto sintetiza toda la proteína que está disponible por parte de su madre en forma de aminoácidos para el incremento exponencial en el crecimiento de sus músculos (Balikci et al., 2007).

El NRC (National Research Council) ha elaborado tablas de requerimientos nutricionales las cuales están en función de la edad de la oveja, peso vivo, etapa de gestación además del tamaño de camada. En las tablas se encuentra que, durante los primeros dos tercios de gestación, la oveja necesita 2.89 Mcal de EM/ kg de MS (megacalorías de energía metabolizable por kilogramo de materia seca) y 129g de PC (Proteína cruda) para cubrir sus requerimientos diarios (NRC, 2007). Mientras que en el tercer tercio de gestación, los requerimientos se incrementan considerablemente: una oveja de 40kg de peso vivo, gestando un solo cordero necesita 2.39 Mcal/kg de MS y 101g de PC, una oveja de 50 kg de peso vivo que se encuentra gestando a dos corderos demanda 3.50 Mcal de EM y 155g de PC (NRC, 2007); estos incrementos en los requerimientos de los nutrientes se deben también a que el desarrollo de la ubre se da en esta etapa de la gestación, la síntesis y producción de calostro (Banchemo, 2004). En este entendimiento, la cantidad de energía metabolizable (EM) y de proteína cruda (PC) que se encuentran en el alimento determinan la cantidad de nutrientes que estarán disponibles para ser utilizados por la madre y el feto. De ahí la importancia de conocer los requerimientos nutricionales de las ovejas según la etapa de gestación en la que se encuentren.

## **2.4 Impacto del estrés calórico sobre los requerimientos nutricionales en la gestación**

Los ovinos se consideran animales homeotermos, capaces de regular la temperatura de su cuerpo con respecto a la del medio ambiente para poder mantener un equilibrio homeostático. Se dice que están en equilibrio cuando sus constantes fisiológicas se encuentran dentro de los parámetros normales: 39.1°- 39.5°C de temperatura rectal y de 12-15 movimientos intercostales de frecuencia respiratoria (Bell et al., 1989). Sin embargo, en las regiones áridas y semiáridas del país durante la época de verano las temperaturas se elevan considerablemente rompiendo con dicho equilibrio causándoles estrés calórico, teniendo un fuerte impacto en el bienestar y la productividad de los animales (Macías-Cruz et al., 2012; Cain et al., 2006; Mendoza et al., 2010; Marai et al., 2007; Bortolussi, 1996; Laburn et al., 2002; Marai et al., 2008).

Es decir, que las altas temperaturas ambientales provocan que la temperatura corporal de la oveja se incremente debido al exceso de calor acumulado siendo incapaz de disipar el calor de su cuerpo hacia el ambiente. Por lo que se considera que los ovinos están en estrés calórico cuando presentan un Índice de temperatura y humedad (ITH) mayor a 74 unidades (Marai et al., 2007).

Si las ovejas se encuentran sometidas a estrés calórico, se verán forzadas a realizar ajustes metabólicos, fisiológicos y hormonales para disipar la carga de calor o reducir su generación. El incremento de la tasa respiratoria, de la frecuencia cardiaca, consumo de agua, así como la disminución en el consumo de alimento, además de la redistribución del flujo sanguíneo son algunos ejemplos de los mecanismos compensatorios que la oveja puede realizar para enfrentar el estrés

calórico (Marai et al., 2008; Hopkins, 1980; Avendaño-Reyes, 2012; Bernabucci et al., 2009; Macías et al., 2012; Sejian et al., 2010; Marai et al., 2008; Marai et al., 2010b). Estos mecanismos compensatorios incrementan los requerimientos de energía debido al acelerado metabolismo y alta actividad física que los animales utilizan para enfrentar y tratar de disipar la carga de calor, un ejemplo de ello es el jadeo acelerado, el cual puede incrementar hasta un 7 hasta un 25% de los requerimientos de mantenimiento, dependiendo de la intensidad del estrés calórico, por lo que se deduce que en condiciones de estrés calórico los requerimientos de energía incrementan (NRC, 1981; Bhattacharya y Hussain, 1974).

Respecto a lo anterior la disminución en el consumo de alimento tiene la finalidad de reducir al máximo el calor metabólico que involucra la digestión de los alimentos, sin embargo, propicia cambios en el peso vivo, condición corporal y estado metabólico del animal (Marai et al., 2008; Hopkins, 1980). Si a este panorama le agregamos que la hembra se encuentra gestante, particularmente en el último tercio donde ocurre la compactación del rumen, debido al crecimiento exponencial del feto y que por este hecho existe también una reducción en el consumo y digestibilidad del alimento (Annett et al., 2008; King, 2002; Hopkins, 1980). El resultado será que los requerimientos nutricionales no se cubran totalmente llevando a la oveja a un severo déficit de nutrientes, por lo que indudablemente entrará a un balance energético negativo y la oveja se verá en la necesidad de movilizar sus reservas corporales para cubrir dichos requerimientos. Dando resultados similares a los que propicia el estrés por calor: pérdidas de peso vivo y condición corporal, además las concentraciones de metabolitos en sangre también se afectan (Annett et

al., 2008; Bernabucci et al., 2009; Macías et al., 2012; Sejian et al., 2010; Marai et al, 2008; Marai et al, 2010*b*).

Debido a lo anterior, se han implementado opciones para ayudar a minimizar los efectos negativos del estrés calórico sobre los animales, utilizando estrategias como el manejo de la alimentación. Ya que la alimentación podría ser ajustada para asegurar que los requerimientos nutricionales del animal se cubran por completo, por ejemplo incrementar la cantidad de grano y disminuir la cantidad de forraje en la dieta, para disminuir el calor metabólico que genera la digestión de la fibra (Avendaño-Reyes, 2012).

## **2.5 Suplementación energética**

Debido a que las ovejas se encuentra en un balance energético negativo a causa al déficit de nutrientes generado por el estrés calórico asociado con la gestación, se ven en la necesidad de movilizar sus reservas de energía (tejido adiposo) para poder cubrir dicha deficiencia. Esto viene de la mano, con pérdidas de peso vivo, así como de condición corporal (Sejian et al., 2010*b*; Marai et al., 2007). De tal manera que el estrés calórico en combinación con la gestación son factores predisponentes para una baja productividad de los animales en condiciones con altas temperaturas (Sejian et al., 2010*b*).

Varios investigadores han enfocado sus estudios a la suplementación energética, es decir, a incrementar la densidad energética en la dieta como una estrategia para suministrar los nutrientes necesarios mejorando el comportamiento productivo y reproductivo de los animales. Independientemente del estado fisiológico en el que se encuentren y si son sometidos a estrés calórico la prioridad es aportar la

energía necesaria para cubrir sus requerimientos más la necesaria para mantener la homeostasis (Elnageeb et al., 2008; El-Hag et al., 2007; Godfrey y Dodson, 2003; NRC, 1981; Bhattacharya y Hussain. 1974; Renaudeau et al., 2012).

La suplementación ya sea energética, proteica, mineral y/o vitamínica ha sido implementada mediante el uso de diversos y variados ingredientes en distintas proporciones como fuente de energía tal es el caso de granos de cereales, melasa, casave, grasas y aceites (vegetales y animales) por mencionar algunos (Kawas et al., 2010).

Como se ha mencionado, la suplementación es una estrategia para mejorar aspectos productivos y reproductivos de los animales. Producción y composición de calostro y leche (Banchemo et al., 2004; Banchemo et al., 2006), termorregulación (Elnageeb et al., 2008; Macías et al., 2013) reinicio de la actividad reproductiva (Sullivan et al., 2009; Cavestany et al., 2009; Herrera-Corredor *et al.*, 2010; Salas-Razo *et al.*, 2011; Burke *et al.*, 1996; Capper *et al.*, 2007; Macías *et al.*, 2014; Mahouachi *et al.*, 2005; González-Stagnaro, 1993; Abd-Allah, 2013), etc. son algunos ejemplos.

### **2.5.1 Efectos sobre el estado metabólico**

La suplementación pretende cubrir la energía faltante en el organismo de las ovejas gestantes, para evitar la movilización de reservas de energía para que la condición corporal y el peso vivo se mantengan, evitando que los ajustes metabólicos sean requeridos. De lo contrario, el balance energético negativo promoverá pérdidas de peso y de condición corporal además de cambios a nivel metabólico de tal

manera que los niveles de glucosa, proteína y colesterol se ven afectados negativamente por dicha movilización (Marai et al., 2007).

Existen diferentes estudios donde se ha suplementado y donde el peso vivo y condición corporal se afectaron de manera positiva (Sullivan, 2009; Cavestany, 2009; Sejian et al, 2014), por lo que los niveles de metabolitos no se ven afectados. Se ha observado que los niveles de glucosa en sangre son menores en ovejas gestantes que en ovejas no gestantes (Firat y Ozpinar, 1996) lo anterior es atribuido a que la glucosa es la principal fuente de energía utilizada por el feto (McDonald et al., 1999; Mahboub et al., 2013; Balikci et al., 2007; Firat y Ozpinar, 2002). De la misma forma se ha demostrado que ovejas que tienen gestaciones múltiples registran niveles más bajos de glucosa que las ovejas que presentan gestaciones simples (Kleeman et al., 1988; Firat y Ozpinar, 1996). Se sabe que al momento del parto existe una hiperglicemia en los niveles séricos de glucosa debido a la fuerte demanda que el trabajo de parto demanda (Charismiadou et al., 2000; Abd-Allah, 2013).

Por lo anterior se observa que disminuciones de este nutriente en la madre es determinante durante la gestación, al momento del parto y después del parto a pueden desencadenar enfermedades tales como toxemia de la preñez (Gursel et al., 2010), hígado graso (Raofi et al., 2013), hipocalcemia y/o hipomagnesemia (Fthenakis et al., 2012).

Los niveles de colesterol se ven afectados por la reducción en el consumo de alimento, debido a la disminución en la concentración del acetato, el cual es el principal ácido graso a partir del cual se produce el colesterol (Marai et al., 2008). Ahí es donde la suplementación ayuda a que los niveles de colesterol no sufran una

reducción como consecuencia del catabolismo de los ácidos grasos para la producción de energía y haya disponibilidad para cubrir los requerimientos energéticos que demanda el animal (Sejian et al., 2014; Vicente-Pérez et al., 2014).

Sin embargo algunos autores difieren con respecto al resultado de utilizar la suplementación como alternativa para mejorar la conformación de la oveja, como Anett et al. (2009), aseguran que el suplementar a ovejas con aceite de pescado en distintos niveles no tuvo efecto significativo sobre el peso y condición corporal de las ovejas.

### **2.5.2 Efectos sobre el reinicio de la actividad reproductiva**

Dado que existe una relación inversa entre balance de energía y reinicio de la actividad reproductiva postparto, se afirma que un inadecuado consumo de nutrientes da como resultado pérdidas en peso vivo y condición corporal que darán como resultado final una interrupción del ciclo estral, afectando directamente la productividad del sistema de producción (Montiel y Ahuja, 2005; Rekik, 2010).

Con la premisa de que la suplementación afecta de manera positiva el peso vivo y la condición corporal de las hembras y que se verá reflejado sobre el reinicio de la actividad reproductiva. Varios estudios (Cavestany et al., 2009; Herrera-Corredor et al., 2010; Salas-Razo et al., 2011; Burke et al., 1996; Capper et al., 2007; Macías et al., 2014; Mahouachi et al., 2005; González-Stagnaro, 1993; Abd-Allah, 2013) han demostrado que efectivamente, el suplementar ayuda a que el reinicio de la actividad reproductiva sea en un periodo relativamente corto, minimizando de esta manera las pérdidas económicas que ocurrieran sin que se

administrara dicha estrategia de alimentación, independientemente del nivel, la fuente que se utilice y la etapa fisiológica en la que se realice esta actividad.

Un estudio realizado por Hossain (2005), probó el efecto de la suplementación energética en ovejas pastando y observaron mejoras en algunos parámetros reproductivos, como la presencia temprana de estros, cubriendo los requerimientos que no se alcanzaban a cubrir por la baja calidad del forraje disponible en las praderas.

Por otro lado González-Stagnaro en 1993, observó que en ovejas tabasco suplementar con concentrado durante la gestación, incrementa los partos múltiples (3 a 24-27%), además de haber logrado una reducción en el intervalo parto-primer estro de 39 a 44 días vs 76 hasta 96 días de aquellas que no fueron suplementadas.

En vacas Bunaji, originarias de Nigeria Rekwot et al. (2004) suplementaron con 600g de semilla de algodón como suplemento, y encontraron diferenciarse entre las vacas que fueron suplementadas presentaron un intervalo de parto-inicio de la actividad ovárica de 107 días vs 136 días de las que no recibieron suplemento.

Por lo que se ha observado la suplementación energética afecta de manera positiva el reinicio de la actividad reproductiva y parece ser una forma bastante eficaz de combatir la problemática que implica tener un periodo largo para reiniciar la actividad reproductiva, dentro de un sistema de producción.

Aunque algunos autores difieren como Keady et al., (2006) quienes llegaron a la conclusión que la suplementación con concentrados basados en cereales de vacas a las cuales se les ofrecía ensilado de pasto como dieta basal aumenta la producción de grasa en leche, así como la producción. Pero la suplementación no

tuvo efectos positivos sobre la concentración de proteína de la leche y tampoco sobre la tasa de fertilidad.

Otro estudio realizado en vaquillas para producción de carne por Sullivan, et al. (2009), quienes suplementaron con niveles altos de proteína y energía, encontraron que aunque el peso vivo y condición corporal se afectaron de manera positiva, no sucedió lo mismo con el retorno al estro por el tratamiento nutricional ofrecido.

Coincidentemente Rekik et al. (2010) observó que ovejas nativas de Nigeria, que fueron suplementadas bajo diferentes regímenes de alimentación (nopal o grano de cebada), no mostraron diferencias significativas entre ellos, en cuanto a peso vivo así como el reinicio de la actividad reproductiva, mostrando resultados muy similares.

Por lo anterior se deduce que los efectos de la suplementación pueden variar, de acuerdo a la fuente de suplemento a utilizar, etapa fisiológica en la que se encuentre el animal, así como la raza, edad, sexo, entorno ambiental. Siendo esta una de las principales causas del objeto de estudio de esta estrategia de alimentación, aunado a que existe poca información sobre la suplementación de ovejas de pelo durante el último tercio de gestación y sus efectos sobre el estado metabólico y el reinicio de la actividad reproductiva postparto bajo condiciones de estrés calórico.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización del área de estudio**

El estudio se realizó durante el verano del 2012, en la Unidad Experimental Ovina del Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, la cual se localiza en el Valle de Mexicali, Baja California (32.8° latitud norte y 114.6° longitud oeste). La región se caracteriza por presentar un clima árido y seco, con temperaturas máximas (>40°C) en verano y mínimas en invierno (<0°C). La precipitación es errática a través del año con un promedio anual de 86 mm, concentrándose principalmente en los meses de diciembre y enero (García, 1985).

#### **3.2 Animales, Manejo y tratamientos**

El experimento se realizó de marzo a octubre del 2012. Un total de 30 ovejas múltiparas Katahdín x Pelibuey fueron sometidas a finales del mes de marzo a un protocolo de sincronización de estro y monta natural controlada con el propósito de que alcanzaran su último tercio de gestación y periodo postparto en la época caliente de la región de estudio (julio-septiembre), ya que es cuando las condiciones ambientales son suficientes para generar estrés por calor (ITH >78 unidades; Neves et al., 2009). El protocolo de sincronización de estro y monta natural consistió en la inserción de esponjas intravaginales impregnadas con progesterona sintética (Acetato de fluorogestona, 20 mg; Chronogest, Intervet, México) durante 12 días, y 24h antes de la remoción de la esponja, una aplicación intramuscular de 300 UI de gonadotropina sérica de yegua gestante (PMSG; Folligon, Intervet, D.F., México). Posteriormente, todas las ovejas tratadas que mostraron signos de estro se expusieron a 4 machos de la raza Dorper para ser montadas bajo un sistema de

montas controladas (2 montas por oveja, cada 12 h a partir del estro). 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 d 94 de gestación. La alimentación de las ovejas entre el día 0 y 94 post-servicio fue con una ración que contenía 12% de proteína cruda (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.

Antes de iniciar la fase experimental (d 94 post-servicio), se reconfirmó el diagnóstico de preñez y se seleccionaron 24 ovejas gestantes, las cuales fueron las más homogéneas en cuanto a condición corporal (CC) y peso vivo (PV). Los promedios de CC y PV de las ovejas seleccionadas fueron 3.0 unidades (escala 1-5; Russel et al., 1969) y 51 kg, respectivamente. El mismo día en que se seleccionaron las ovejas también fueron asignadas a uno de dos tratamientos alimenticios (n=12) bajo un diseño de bloques completamente al azar, donde el PV fue el factor bloqueador. Los tratamientos fueron dietas experimentales isoproteicas (~12% PC) formuladas con 100 (2.4 Mcal/kg de MS (Testigo)) ó 125 % (3.0 Mcal/kg de MS (Suplementado)) de los requerimientos de EM recomendados por el NRC (2007) para ovejas que se encuentran en el último tercio de preñez y gestan dos fetos. Los ingredientes de cada dieta experimental se muestran en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Ingredientes de las dietas experimentales ofrecidas a las ovejas gestantes estresadas por calor.

<b>Ingrediente (%) *</b>	<b>Testigo</b>	<b>Suplementado</b>
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

\* Porciones calculadas en base tal como se ofrece

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. Durante el periodo experimental, ambas dietas se ofrecieron a los corderos en dos porciones, 50% en la mañana (07:00 h) y 50% en la tarde (18:00 h). Cabe mencionar que las ovejas se mantuvieron en un corral por tratamiento y la cantidad de alimento ofrecido diariamente se calculaba para las 12 ovejas que integraban cada grupo. La cantidad ofrecida del alimento se calculó considerando 4.0% del PV del animal por lo cual, las ovejas fueron pesadas individualmente cada

15 días para ajustar el consumo grupal de cada tratamiento. El alimento rechazado diariamente se retiraba de los comederos para poner alimento fresco. Después del parto, las ovejas de ambos grupos recibieron una alimentación que cubrió los requerimientos nutricionales necesarios para lactancia (2.3 Mcal/kg de MS de EM y 15% de PC), acorde a lo recomendado por el NRC (2007). En general, la disponibilidad de agua fue *ad libitum* durante todo el estudio.

Muestras de cada dieta fueron colectadas cada vez que se prepararon, las cuales al final fueron secadas, molidas y mezcladas para tomar dos sub-muestras de 200 g. Estas sub-muestras fueron llevadas al laboratorio de nutrición animal del ICA-UABC para el correspondiente análisis proximal y de fibras (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Composición química de las dietas experimentales ofrecidas a las ovejas gestantes estresadas por calor.

<b>Composición química*</b>	Testigo	Suplementada
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 ácida (%)	29.1	13.7
Hemicelulosa (%)	14.5	15.4
Cenizas (%)	10.5	6.9
Energía metabolizable (EM, Mcal/kg)	2.4	3.0

\* En base seca

### **3.3 Instalaciones**

Las ovejas se alojaron en un corral durante el empadre y hasta los 94 d de gestación. Posteriormente, al inicio de la fase experimental y hasta los 60 días postparto, se alojaron grupalmente en dos corrales, uno por tratamiento. Los corrales 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) entre las ovejas en cada grupo.

### **3.4 Condiciones climáticas**

La información climática se obtuvo de la Estación Meteorológica de la UABC, localizada a 20 km del sitio experimental. La temperatura ambiental ( $T$ , °C), la humedad relativa (HR, %) y la velocidad del viento (km/h) fueron registrados cada hora durante todo el periodo experimental. En base a esa información se calculó el índice de temperatura-humedad (ITH), usando la fórmula propuesta por 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 PV y la CC de las ovejas se registró individualmente al d 100 de gestación, al parto y cada 20 d durante el periodo postparto (d 20, 40 y 60). Ambas variables se midieron por la mañana, antes de ofrecer el alimento. El PV se midió en una báscula de plataforma (capacidad de 100 kg), mientras que la CC se evaluó usando la escala 1 a 5 indicada por Rusell et al. (1969), donde la clasificación 1 correspondió a una oveja muy flacas y 5 a una oveja obesa.

### **3.5 Metabolitos sanguíneo**

Se colectaron muestras de sangre los mismos días en que se realizó el pesaje de las ovejas (d 100 de gestación, parto y d 20, 40 y 60 postparto), esto con el fin de medir la concentración sérica de metabolitos sanguíneos (glucosa, colesterol, triglicéridos, urea y proteína total) usando un equipo de química sanguínea (Model DT-60, Johnson Co.; High Wycombe, UK). Las muestras de sangre fueron colectadas en tubos vacutainer de 6 ml por punción de la vena yugular, justamente antes de ofrecer el alimento de la mañana. Las muestras se mantuvieron a temperatura ambiente y después de alrededor de una hora de colectadas, se centrifugaron (3500 rpm, 15 min, a 10°C) en el laboratorio de Fisiología Animal. El suero fue separado por duplicado en viales de 2 ml, y posteriormente almacenado a -20°C hasta que se hicieron los respectivos análisis de metabolitos.

#### **3.5.3 Reinicio de la actividad reproductiva**

Entre el día 20 y 60 postparto, machos provisto de mandil fueron introducidos diariamente, 30 min en la mañana y 30 min en la tarde, a los corrales de las ovejas paridas para detectar y registrar ovejas en estro. Se consideró que una oveja presentó estro cuando aceptó la monta del macho sin ningún reflejo de movimiento. Las ovejas detectadas en estro fueron separadas a otro corral. Adicionalmente, usando la misma metodología descrita en metabolitos sanguíneos para colección y manejo de sangre, se colectaron individualmente en las ovejas muestras sanguíneas cada 3 días en el mismo periodo de detección de estro. Dichas muestras se usaron para determinar niveles séricos de progesterona con la ayuda de un kit comercial de ELISA (Monobind Inc., Lake Forest, CA, USA). A partir de la información de

progesterona se identificó la presencia de ovejas ovulando y con estros cortos, asimismo, el momento de la ovulación. Se consideró que una oveja ovuló cuando el nivel de progesterona fue  $> 1$  ng/ml en dos o más muestreos consecutivos (Valencia et al., 2006), mientras que una oveja con estro corto fue aquella que presentó niveles de progesterona que se mantuvieron por encima de 1.0 ng/ml solamente entre 2 o 4 muestreos consecutivos (Sasa et al., 2002). En general con la información de actividad estral y ovulatoria se obtuvieron las siguientes variables de estudio: porcentaje de ovejas en estro, ovulando y con estros cortos a los 60 días postparto, así como intervalo de tiempo parto-estro y parto-ovulación.

### **3.6 Análisis estadístico**

Toda la información cuantitativa se sometió a análisis de varianza bajo un diseño de bloques completamente al azar usando el PROC MIXED del paquete estadístico SAS (2004). En el caso específico de PV, CC y metabolitos sanguíneos, el diseño fue ajustado para mediciones repetidas en el tiempo, donde el modelo incluyó efectos fijos de bloque, régimen de alimentación, día de muestreo y la interacción entre factores principales. El animal fue anidado dentro de tratamiento como efecto aleatorio. Las medias fueron comparadas con la opción LSMEANS/PDIFF, considerándose diferencias significativas a  $P \leq 0.05$ . En el caso de variables expresadas en porcentaje, el análisis consistió de una prueba de chi-cuadrada usando la opción PROC FREQ.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Condiciones climáticas

Las condiciones ambientales observadas a través del periodo experimental se presentan en el Cuadro 3. Los promedios diarios para T, HR e ITH fueron 33.0 °C, 40.4 % y 81.0 unidades, respectivamente. En general, los promedios de todas las variables climáticas registradas fueron ligeramente más altas en el periodo postparto que en el preparto.

**Cuadro 3.** Promedios de temperatura, humedad relativa y el índice temperatura-humedad durante el periodo experimental.

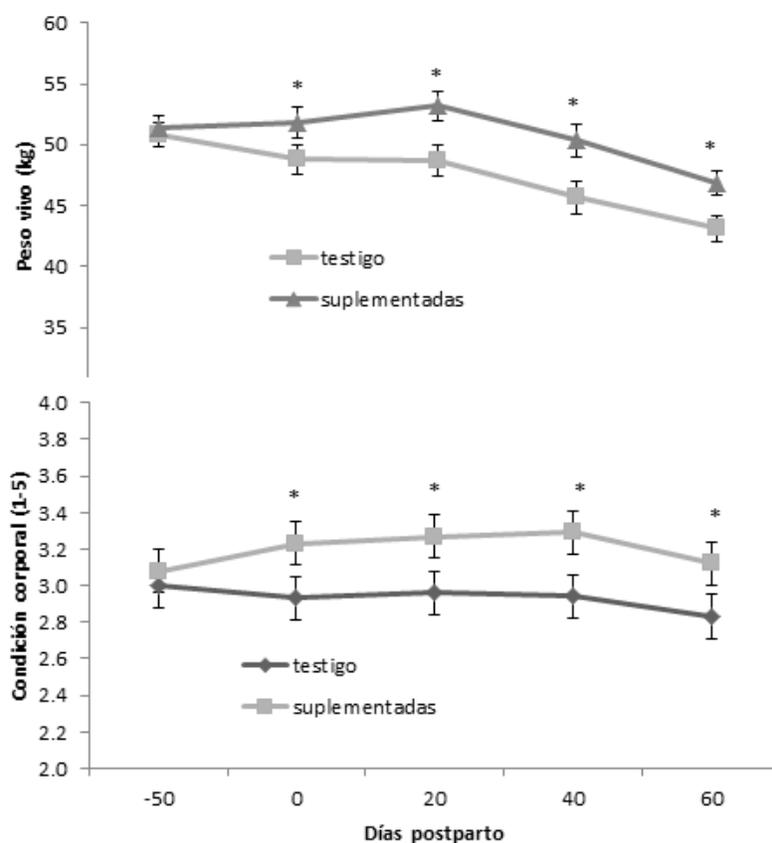
Variables climáticas	Preparto		Postparto	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Temperatura (°C)	32.6	22.6 - 40.1	33.4	21.5 - 45.9
Humedad relativa (%)	35.2	11.5 - 77.8	45.7	11.0 - 91.0
ITH (unidades) <sup>1</sup>	80.6	67.0 - 85.0	81.4	67.1 - 90.0

<sup>1</sup> ITH= Índice de temperatura-humedad

### 4.2 Peso vivo y condición corporal

Los resultados de PV y CC se muestran en la Gráfica 1. La interacción régimen de alimentación x día afectó ( $P < 0.05$ ) ambas variables de estudio. La suplementación energética no afectó ( $P > 0.05$ ) el PV y la CC al d 100 de gestación pero sí al parto y en los días postparto (d 20, 40 y 60). Las ovejas suplementadas

presentaron mayor ( $P<0.05$ ) PV y CC que las ovejas testigo al parto y durante todo el periodo postparto.

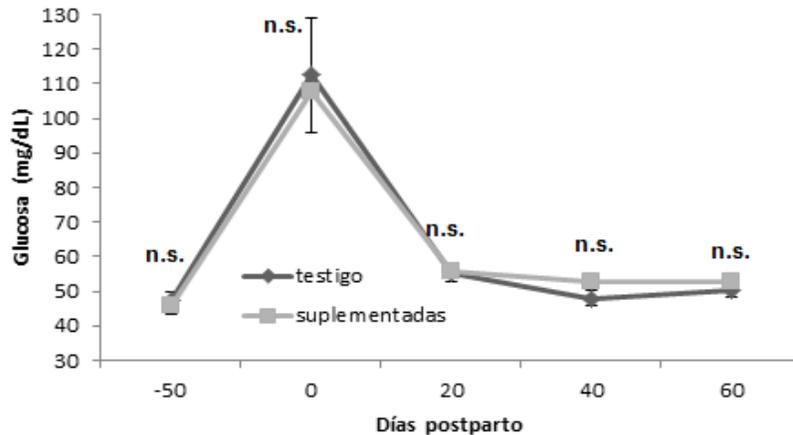


**Gráfica 1.** Efecto de la suplementación energética preparto en ovejas de pelo estresadas por calor sobre el peso vivo y la condición corporal en el periodo pre- y postparto (\* Indican diferencias entre tratamiento en cada tiempo a  $P<0.05$ ; ns= No significativo a  $P>0.05$ ).

### 4.3 Metabolitos sanguíneos

La interacción régimen de alimentación x día afectó ( $P<0.05$ ) la concentración sérica de todos los metabolitos evaluados. Los resultados de las concentraciones séricas de cada metabolito se presentan en las Gráficas 2, 3 y 4. Los niveles de glucosa fueron similares ( $P>0.05$ ) entre ambos grupos en cada día de muestreo

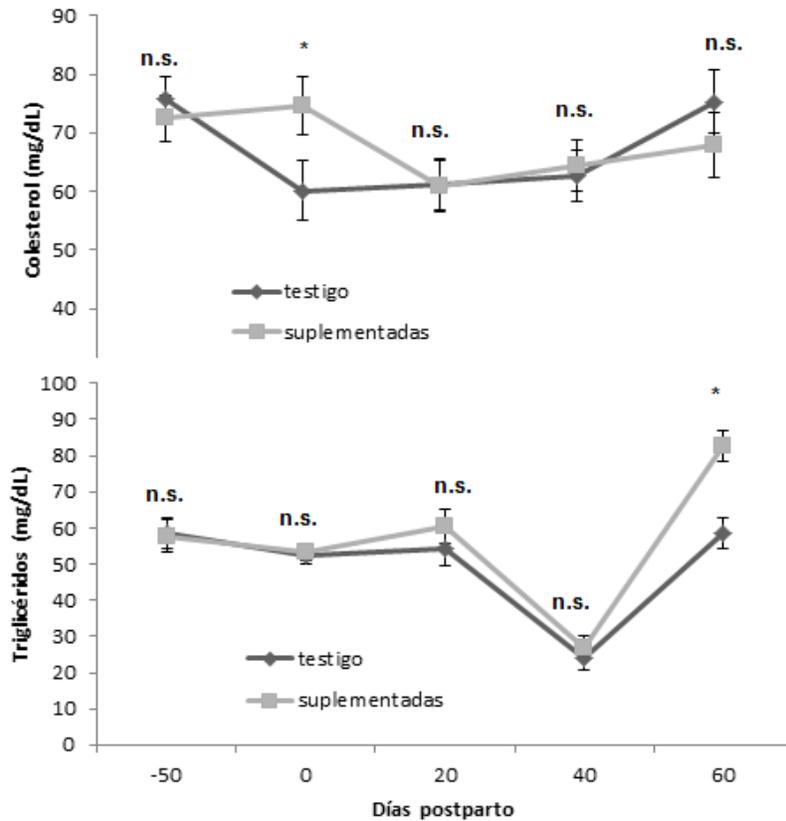
(Gráfica 2). No obstante, tanto ovejas testigo como suplementadas presentaron mayor ( $P<0.05$ ) concentración de glucosa en suero al momento del parto comparado con los otros días de muestreo (pre- y postparto).



**Gráfica 2.** Efecto de la suplementación energética preparto en ovejas de pelo estresadas por calor sobre la concentración de glucosa en suero durante el periodo pre- y postparto (\* Indican diferencias entre tratamiento en cada tiempo a  $P<0.05$ ; ns= No significativo a  $P>0.05$ ).

En el caso de los metabolitos relacionados con la grasa (Gráfica 3), se observó que, entre tratamientos, la concentración de colesterol varió ( $P<0.05$ ) solamente al parto mientras que la concentración de triglicéridos difirió ( $P<0.05$ ) solamente al d 60 postparto. Para el resto de los días no se observó diferencia ( $P>0.05$ ) en la concentración de colesterol o triglicéridos entre tratamientos. Las ovejas suplementadas presentaron mayor concentración de colesterol al parto (60.1 vs. 74.6 mg/dL) y de triglicéridos al d 60 postparto (58.7 vs. 82.5 mg/dL) comparado con las ovejas testigo. Adicionalmente, se observó que tanto ovejas suplementadas como testigo tuvieron menor ( $P<0.05$ ) concentración de triglicéridos al d 40 postparto, y en el caso de ovejas suplementadas, los niveles de este metabolito también fueron

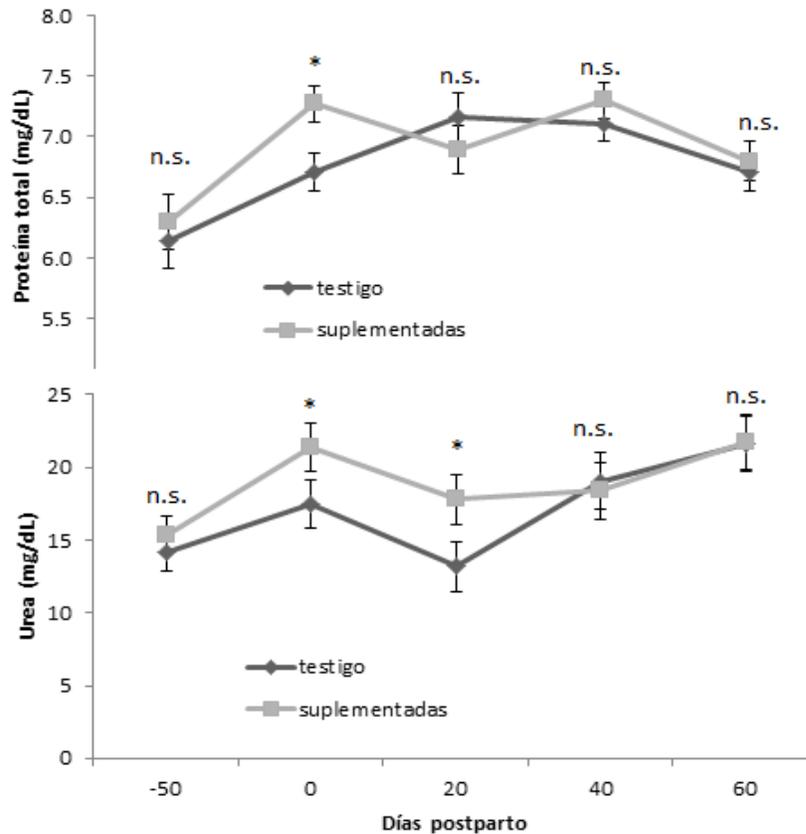
mayores ( $P < 0.05$ ) al d 60 postparto comparado con los otros días (-50, 0, 20 y 40 postparto). La concentración de triglicéridos en ovejas testigo fueron similares ( $P > 0.05$ ) entre los días -50, 0, 20 y 60 postparto.



**Gráfica 3.** Efecto de la suplementación energética preparto en ovejas de pelo estresadas por calor sobre la concentración de colesterol y triglicéridos en suero durante el periodo pre- y postparto (\* Indican diferencias entre tratamiento en cada tiempo a  $P < 0.05$ ; ns= No significativo a  $P > 0.05$ ).

La concentración sérica de proteína total fue mayor ( $P < 0.05$ ) al parto en ovejas suplementadas que en las testigos, pero al d 100 de gestación y en los días postparto (20, 40 y 60 d) no se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos en el nivel sanguíneo de este metabolito (Gráfica 4). En el caso de urea, las ovejas

suplementadas presentaron mayor ( $P<0.05$ ) concentración sanguínea al parto y a los 20 días postparto en relación a ovejas testigos. En el resto de los días no se detectaron diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos.



**Gráfica 4.** Efecto de la suplementación energética preparto en ovejas de pelo estresadas por calor sobre la concentración de proteína total y urea en suero durante el periodo pre- y postparto (\* Indican diferencias entre tratamiento en cada tiempo a  $P<0.05$ ; ns= No significativo a  $P>0.05$ ).

#### 4.4 Reinicio de la actividad reproductiva

Los resultados de reinicio de la actividad reproductiva en ovejas de pelo por efecto de la suplementación energética preparto se muestran en el Cuadro 4. La suplementación energética preparto no afectó ( $P>0.05$ ) el porcentaje de ovejas en

estro (~79%), ovulando (~95%) y con estros cortos (~75%) durante los 60 días postparto. El intervalo de tiempo parto-ovulación tampoco varió ( $P>0.05$ ) por efecto de la suplementación energética preparto. Sin embargo, la aparición del estro después del parto fue 10 días más temprano ( $P<0.05$ ) por efecto de la suplementación de energía durante el último tercio de gestación.

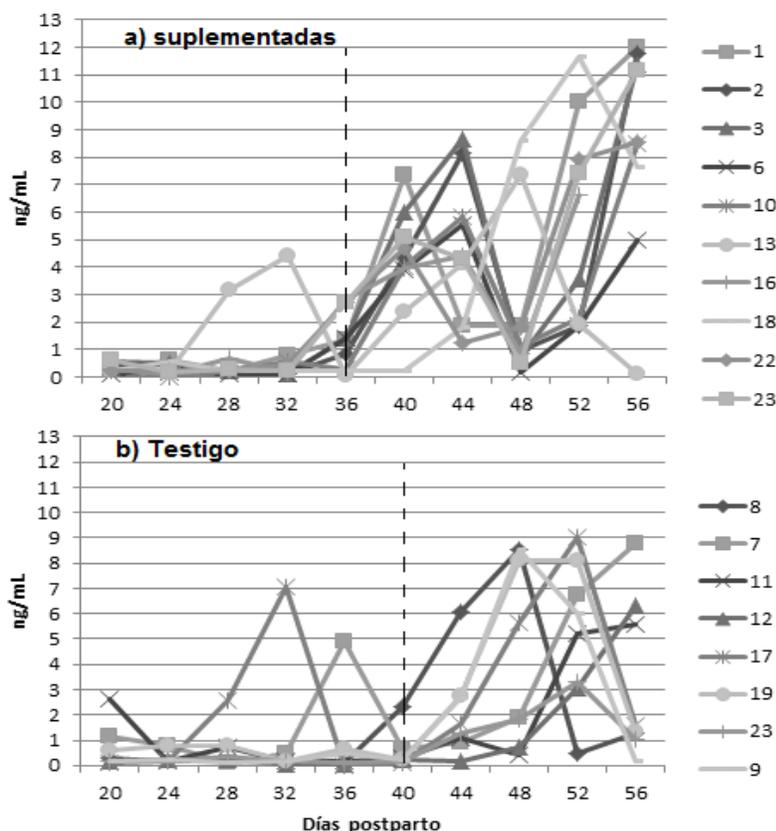
**Cuadro 4.** Actividad estral y ovulatoria en el postparto de ovejas de pelo suplementadas o no con energía durante el periodo preparto, bajo condiciones de un ambiente de estrés calórico.

	Tratamientos		E.E.
	Testigo	Suplementadas	
Ovejas en estro (%)	75.00 (9/12) <sup>a</sup>	83.33 (10/12) <sup>a</sup>	
Tiempo a estro (d)	47.92 <sup>a</sup>	37.96 <sup>b</sup>	2.95
Ovejas ovulando (%)	91.67 (11/12) <sup>a</sup>	100.00 (12/12) <sup>a</sup>	---
Tiempo a ovulación (d)	39.03 <sup>a</sup>	39.96 <sup>a</sup>	3.51
Estros cortos (%)	75.00 (9/12) <sup>a</sup>	75 (9/12) <sup>a</sup>	---

<sup>a,b</sup> letras diferentes indican diferencias entre tratamientos a una  $P<0.05$ .

En la Gráfica 5 se muestran para cada grupo experimental el patrón individual en la secreción de progesterona de ovejas que presentaron estro. La mayoría de ovejas suplementadas que presentaron estro comenzaron a incrementar sus niveles de progesterona  $> 1$  ng/ml en el d 36 postparto (9/10), y solamente una oveja (1/10) de este grupo presentó concentraciones de progesterona  $> 1$  ng/ml antes de los 30 días postparto. En el caso de ovejas testigo que presentaron estro, se observó que la

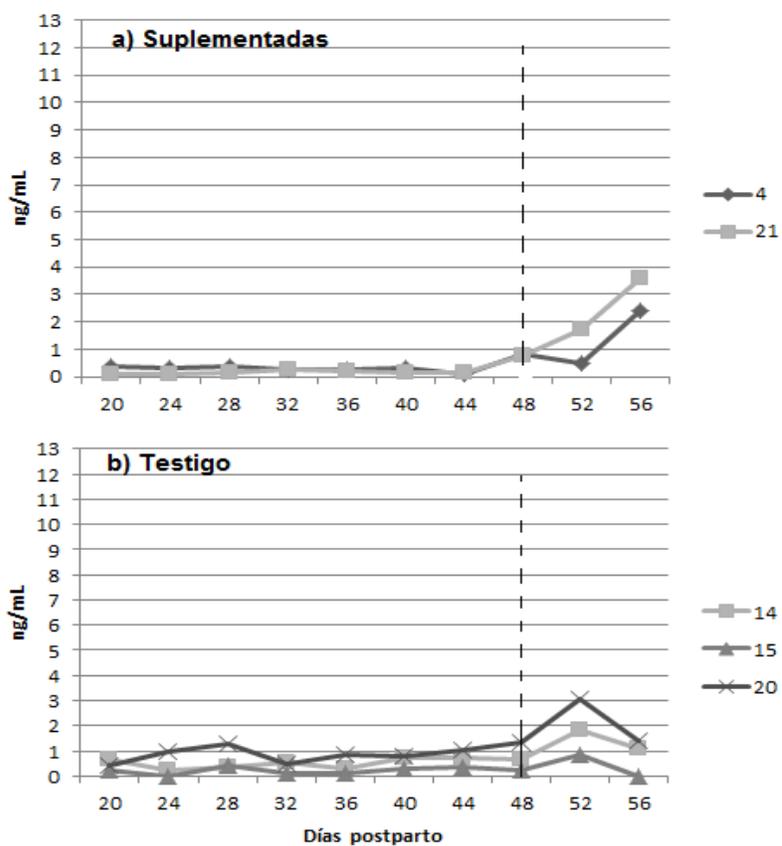
mayoría de ovejas tuvieron niveles de progesterona > 1 ng/ml después de los 40 días postparto (7/9), y sólo 2 ovejas tuvieron > 1 ng/ml de progesterona antes de éste tiempo (2/9); una de ellas antes de los 30 días postparto y la otra entre los 30 y 40 días postparto.



**Gráfica 5.** Patrones de secreción individual de progesterona en ovejas suplementadas (a) y testigo (b) que presentaron estro.

En la Gráfica 6 se muestra para cada grupo experimental el patrón de secreción individual de progesterona de ovejas que no presentaron estro. En general, se observó que las ovejas que no presentaron estro de ambos tratamientos iniciaron a incrementar sus niveles de progesterona por encima de 1 ng/ml después del d 48 postparto. No obstante, mientras que el incremento en la secreción de progesterona

en el grupo suplementado continuó hacia el d 60, en las ovejas testigo solamente se observó un pico al d 52, decreciendo al d 60.



**Gráfica 6.** Secreción de progesterona postparto en ovejas suplementadas (a) y testigo (b) que no presentaron estro.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 Condiciones climáticas

En el presente estudio se observó que las temperaturas diarias promedio en el preparto (32.6 °C) y postparto (33.4°C) sobrepasaron el límite superior de la zona termoneutral (27°C) indicado para ovejas (Fuquay, 1981). Además, esas temperaturas elevadas al combinarse con la humedad relativa registrada produjeron ITH's superiores a las 78 unidades tanto en el preparto como en el postparto. Acorde a Neves et al. (2009), los ovinos de raza de pelo comienzan a experimentar estrés calórico cuando las condiciones ambientales producen ITH entre 78 y 79 unidades y las temperaturas ambientales alcanzar los 30 °C. Por su parte, Avendaño-Reyes et al. (2012) indica que los animales experimentan un estrés calórico de tipo moderado cuando los ITH ambientales se ubican entre las 80 y 89 unidades. En este contexto, resulta evidente que las ovejas estuvieron sometidas a condiciones de estrés calórico de tipo moderado principalmente, durante todo el periodo experimental.

Congruentes con las condiciones ambientales encontradas durante el desarrollo de este experimento, estudios previos desarrollado con ovejas gestantes durante verano han reportado similares grados de estrés calórico (Macías-Cruz et al., 2013; Vicente, 2013; Meza-Herrera et al., 2015). En esos estudios se ha demostrado que estas condiciones de estrés calórico promueven la activación de mecanismos termorregulatorios en ovejas de pelo gestantes durante el último tercio de gestación; esto con el objeto de evitar condiciones de hipertermia. Un incremento en la temperatura rectal y frecuencia respiratorio fueron los principales ajustes fisiológicos

observados en las ovejas gestantes sometidas a estas condiciones ambientales de verano de la región árida donde se realizó el estudio.

Vicente-Pérez et al. (2015) demostraron que las condiciones de estrés calórico de verano de una región árida de México, provocó una reducción en el consumo de alimento, y nutrientes en general, en ovejas de pelo gestantes durante el parto. Esta reducción en el consumo de nutrientes fue ligada en ese estudio con pérdidas de PV y CC al parto en las ovejas, y especularon que esto podría ser un factor que predisponente del reinicio de la actividad reproductiva en estos animales. Hansen (2009) señala que condiciones de estrés calórico resultan perjudiciales en aspectos reproductivos, ya que las ovejas al intentar mantenerse en homeotermia cambian sus funciones biológicas y su metabolismo, lo cual modifica la ciclicidad y el establecimiento de gestación.

## **5.2 Peso vivo y condición corporal**

Se observó que la suplementación energética en el último tercio de gestación mejoró el PV y la CC al parto y, en general, en el postparto. Esto sugiere que, bajo condiciones de estrés térmico, incrementar la EM en un 25% en el parto es una buena estrategia alimenticia para evitar la presencia de un balance energético negativo al parto, y en general en el postparto (Marai et al., 2008). Cabe mencionar que existe escasa información al respecto en ovejas de pelo estresadas por calor, no obstante, bajo condiciones termoneutrales, ya se han reportado resultados similares a los encontrados en este estudio cuando suplementaron ovejas (Mahouachi et al., 2004) o bovinos de leche (Cavestany et al., 2009a,b) durante el periodo parto. Otros estudios hechos en cabras (Laporte-Broux et al., 2011) y bovinos de carne

(Larson *et al.*, 2009), también reportaron una mejora en el estado corporal de las hembras por efecto de la suplementación con granos en el preparto. Aunque en estos estudios los periodos de suplementación fueron más cortos.

Cabe mencionar que, si bien la suplementación mejoró el estado corporal de las ovejas al parto y en el periodo postparto, el PV y la CC que presentaron las ovejas testigo a través del periodo de estudio no es un indicativo de un inadecuado consumo de alimento y presencia de un balance energético negativo drástico durante el parto y en el postparto. La CC del parto al día 60 postparto varió de 2.9 a 2.8 unidades, lo cual se considera un estado de reservas corporales ligeramente por debajo de lo sugerido para ovejas reproductoras (3.0 a 3.5 unidades) pero adecuado para ovejas paridas (2.5 a 3.0 unidades) (González-Stagnaro, 1991). Posiblemente, el grado de adaptación que tienen las razas de pelo al estrés calórico está relacionado con la capacidad que mostraron las ovejas usadas para mantenerse en un estado corporal adecuado sin necesidad de la suplementación. Consecuentemente, desde un punto de vista económico, podría resultar no muy adecuado suplementar con un 25% extra de EM los últimos 50 días de gestación en ovejas de pelo estresadas por calor. Un periodo de suplementación más corto podría ser suficiente. Aunque, habría que evaluar el impacto de ésta estrategia alimenticia sobre otras variables productivas y reproductivas, las cuales pudieran justificar su uso.

### **5.3 Metabolitos sanguíneos**

El estado nutricional en que se encuentran las ovejas en el periodo preparto, tiene una influencia directa sobre el perfil metabólico que presentan las ovejas

paridas o durante su lactación (Karapehliyan et al., 2007). De hecho, la calidad, la cantidad y el tipo de ingredientes que se usan en la alimentación de ovejas de preparto pueden impactar en modificaciones en el desarrollo de la cría, trabajo de parto, balance energético al parto, y producción y composición de calostro y leche (Banchemo et al., 2006). Estas modificaciones en aspecto productivos y reproductivos pueden reflejarse en cambios en las concentraciones de metabolitos en sangre (Banchemos et al., 2004, 2006).

En el presente estudio se observó que el nivel de alimentación de las ovejas en el preparto influyó sobre el estado corporal de las ovejas al parto, así también en el postparto. Como consecuencia, también se esperaba que las concentraciones de los metabolitos sanguíneos evaluados se modificaran al parto y en el postparto, principalmente aquellos relacionados con el balance energético corporal. Sin embargo, algunos metabolitos (p.e. glucosa) no fueron modificados por efecto de la suplementación, y otros solo fueron afectados parcialmente a través del periodo de estudio (solo en algunos días; p.e. colesterol, triglicéridos, urea y proteína total). De hecho, el efecto de la suplementación energética preparto sobre la concentración de la mayoría de los metabolitos se concentró en el día del parto. Las ovejas suplementadas tuvieron mayor concentración de colesterol, proteína total y urea al parto que las ovejas no suplementadas.

La ausencia de efecto de la suplementación preparto sobre la concentración de glucosa en las ovejas de pelo estresadas por calor, coincide con lo encontrado por Mahboub et al. (2013) bajo condiciones termoneutrales. Este resultado es explicado porque en ambos estudios utilizaron aceite vegetal como fuente energética para suplementar. Los aceites vegetales a diferencia de los granos de cereales, no

producen en su fermentación ruminal un aumento en los niveles de propionato; ácido graso volátil precursor de la glucogénesis (Charismiadou et al., 2000). Aunque cabe mencionar que las ovejas de ambos tratamientos alimenticios presentaron una hiperglicemia al parto, lo cual se atribuyó a un incremento en el metabolismo de los carbohidratos en respuesta a las grandes demandas energéticas que genera el trabajo de parto (Charismiadou et al., 2000; Abd-Allah, 2013).

Los niveles séricos de colesterol fueron más elevados en el parto en las ovejas que fueron suplementadas. Estudios en vacas lecheras sugieren que el incremento en los niveles de colesterol al parto es debido a la mejora en el balance energético (Cavestany *et al.*, 2009a), lo cual también se observó en este trabajo. Además, Balikci *et al.* (2007) afirman que en el último tercio de la gestación, la insulina decrece su acción sobre el metabolismo del tejido adiposo, incrementando los niveles de colesterol, triglicéridos y lipoproteínas en sangre. No obstante, los niveles bajos de colesterol en ovejas que no recibieron suplementación muestran evidencia de un ligero balance energético negativo durante la gestación, lo cual provocó el catabolismo de los ácidos grasos y como consecuencia la disminución del colesterol en suero sanguíneo al momento del parto. Al respecto Sejian et al. (2014) menciona que ovejas que reciben menos cantidad de nutrientes en comparación a las bien alimentadas, reducen sus niveles de colesterol como consecuencia del catabolismo de los ácidos grasos para producir energía y cubrir los requerimientos energéticos que demanda el desarrollo gestacional.

Los niveles séricos de triglicéridos variaron entre tratamientos solamente el día 60 postparto, siendo mayores en ovejas suplementadas que en testigos. Una explicación lógica para este resultado no se tiene, ya que generalmente las

variaciones en las concentraciones de triglicérido se relacionan directa con cambios en el metabolito colesterol. Pero en el presente estudio no se encontró una concordancia entre estos metabolitos. Una mayor producción de leche o síntesis de prostaglandinas F2 $\alpha$  al d 60 postparto podría explicar que las oveja suplementadas presentaran mayor concentración de triglicéridos en este día. No obstante, se requiere comprobar dicha hipótesis. En la literatura no se encontró ningún reporte similar al respecto.

Al parto también se detectó que la suplementación energética preparto incremento la concentración sérica de proteína total y urea en las ovejas de pelo estudiadas. Este efecto sobre urea se extendió hasta el d 20 postparto. Congruente con estos resultados, en ovejas (Annet et al., 2008) y vacas lechera (Cavestany et al., 2009 y Mendoza et al., 2011) mantenidas en ambientes termoneutrales, han reportado que la suplementación energética durante las últimas semanas antes del parto con aceites de pescado promueve un incremento en los niveles de urea tanto en el preparto como al parto. Los resultados de esos trabajo consultados sugieren que posiblemente los incrementos sanguíneos en proteína total y urea en las ovejas suplementadas de este estudio, no solo se presentaron al parto sino a través del todo el periodo en que se ofreció este tratamiento energético (preparto). Sin embargo, como sólo se evaluó al parto la concentración de dichos metabolitos, y después durante todo el periodo postparto, lo descrito anteriormente no se pudo observar.

Cabe mencionar que otro estudio (Barchero et al., 2006) hecho también en condiciones termoneutrales para evaluar el impacto de la suplementación energética (70 vs. 110% de EM) en el preparto y parto sobre la concentración de algunos

metabolitos sanguíneos en ovejas de lana, encontraron que dicha suplementación no afectó la concentración de urea y proteína total antes o al parto, lo cual no coincide con los hallazgos de nuestra investigación. Mismo Banchemo et al. (2004) en otro trabajo suplementó las últimas dos semanas de gestación con diferentes ingredientes energéticos (maíz quebrado y granos enteros o quebrados de lupinus) a ovejas de lana, encontrando que el nivel plasmático de urea en el preparto y parto fue afectado por tipo de ingrediente energético usado. Los niveles de urea fueron menores cuando se usó maíz quebrado en relación a la semilla de lupinus. Esos autores indicaron que estos resultados se debieron a que el grano de lupinus contiene menor cantidad de almidón que el grano de maíz. Por lo tanto, esto sugiere que el metabolismo de proteína en ovejas gestantes en último tercio no es influenciado directamente por nivel de suplementación de EM, sino por la cantidad de almidón que pueda aportar la fuente de energía que se utilice para suplementar. Lo anterior podría explicar parcialmente, los resultados encontrados en el presente estudio sobre la concentración de proteína y urea en sangre. La fuente de energía usada en el presente trabajo fue aceite de soya (6.5%), el cual no tiene ningún aporte de carbohidratos, específicamente de almidón.

Annet et al. (2008) menciona que cuando una oveja se suplementan con aceites vegetal o de pescado durante el preparto, los niveles de urea en sangre incrementan porque el aceite promueve a nivel ruminal también un aumento en la concentración de amoníaco producto de la ineficacia de la flora ruminal para utilizar la EM provenientes de aceites. La baja eficiencia de las bacterias para aprovechar la EM de los aceites, promueve que la síntesis de proteína microbiana sea baja, y esto a su vez, puede promover que la oveja gestante comience a remover las reservas de

proteína para el crecimiento fetal. Lo anterior se refleja en un incremento en la proteína total que circula en sangre (McDonald *et al.*, 1999).

#### **5.4 Reinicio de la actividad reproductiva**

Varios estudios indican que el principal factor que bloquea al eje hipotálamo-hipófisis-gónada para el reinicio de la actividad reproductiva en rumiantes, es el balance energético negativo que pudiera presentarse al parto, el cual normalmente se extiende hasta las primeras semanas postparto (Cavestany *et al.*, 2009a; Jaskowski *et al.* 2011). Así, a medida que el balance energético negativo persista en el periodo postparto, los niveles de estrógenos se mantienen bajos y la GnRH-LH hipotalámica permanece bloqueada, y con ello también la presencia de actividad reproductiva (Jaskowski *et al.* 2011). Meikle *et al.* (2004) indicaron que vacas con un periodo postparto corto presentan el siguiente escenario metabólico: bajas concentraciones de ácidos grasos no esterificados (NEFA) y  $\beta$ -hidroxibutirato (BHB) pero altos niveles de IGF-I, insulina, leptina y glucosa. Por lo tanto, el hecho que las ovejas suplementadas presentaran actividad estral postparto más temprano puede ser explicado por una mayor concentración sanguínea de IGF-I e insulina. Las concentraciones de NEFA y BHB al parecer no tuvieron un efecto directo, ya que el grupo testigo no presentaba un cuadro de balance energético negativo. En otra publicación realizada sobre este estudio se indicó que los niveles de glucosa y colesterol fueron similares entre ovejas suplementadas y testigo en el periodo postparto (Vicente *et al.*, 2014), por lo cual se considera que estos metabolitos no tuvieron ninguna relación con los resultados encontrados de reinicio de actividad

reproductiva. Finalmente, se remarca que las ovejas testigo no presentaron un balance energético negativo al parto y semanas posteriores, consecuentemente, este hecho pudiera explicar porque los porcentajes de ovejas en estro y ovulando dentro de los primeros 60 días postparto no fueron afectados por la suplementación preparto.

Lo anterior se adjudica a la suplementación energética con aceite que recibieron las ovejas durante el periodo preparto y el efecto que dicha estrategia tiene sobre el peso vivo y la condición corporal del grupo de animales suplementado. Ya que se observó que estas ovejas mantuvieron a lo largo de todo el período experimental mayor peso vivo y mejor condición corporal que ovejas que no recibieron suplementación, evitando de esta manera la movilización de reservas corporales del tejido adiposo. Por lo que al encontrarse intactas estas reservas, la esteroidogénesis ocurrió sin ningún inconveniente, dado que el colesterol es el principal precursor de la progesterona (Otto et al., 2014). Consecuentemente la  $P_4$  se produjo en concentraciones y de forma constante, provocando que las ovejas que fueron suplementadas reanudaran más rápido su actividad reproductiva, comparándolas con el grupo de ovejas que no recibió suplementación.

Estudios en vacas lecheras bajo condiciones de pastoreo (Cavestany *et al.*, 2009b) coinciden con lo encontrado en el presente estudio en el cual reportan que el utilizar un suplemento alto en energía (3.6kg de concentrado con 1.69 Mcal NEL/kg DM) durante el periodo preparto ayuda a mantener una buena CC, disminuyendo la movilización de tejido adiposo, lo cual impide que las vacas entren en un balance energético negativo dando como resultado que inicien más temprano su actividad ovárica postparto.

Contrariamente a lo anterior, algunos autores difieren con lo encontrado en el presente trabajo, tal es el caso de Sullivan *et al.* (2009), quienes encontraron que el suplementar a vaquillas para producción de carne con niveles altos de energía y proteína durante el parto aunque beneficiaron el PV y la CC de los animales, no se observó efecto alguno sobre el retorno al estro, resultando el intervalo postparto-estro similar al de vaquillas que no recibieron suplementación. Así mismo, DeRouen *et al.* (1994) al suplementar distintos niveles de energía durante el último tercio de gestación (bajos, adecuados y altos según NRC, 2007) a vaquillas de primer parto de ganado de carne, encuentran que si bien los niveles elevados de energía beneficiaron el PV como la CC no se observó efecto alguno sobre la tasa de preñez, ni sobre los días a la gestación postparto. En general, es evidente que la suplementación energética preparto favorece positivamente el balance energético en ovejas de pelo en el periodo de suplementación y posterior al parto, lo cual favorece la concentración de algunos sustratos metabólicos y el reinicio de la actividad reproductiva postparto.

## 6. CONCLUSIONES

En conclusión, la suplementación energética con aceite de soya como fuente energía en ovejas de pelo promueve que el reinicio de la actividad reproductiva postparto sea más temprano. Adicionar un 25% más de energía metabolizable (EM) durante el último tercio de gestación favorece el peso vivo y la condición corporal al momento del parto y durante todo el periodo postparto. De esta manera se impide que las ovejas entren en un balance energético negativo durante el periodo postparto dando como resultado la aparición del estro más temprano, mejorando así el comportamiento reproductivo postparto de las ovejas.

Por lo que se recomienda utilizar la suplementación energética con aceite de soya como estrategia de alimentación lo que permite acortar el tiempo del reinicio de la actividad reproductiva postparto de las ovejas y de esta forma asegurar la productividad del rebaño lo que traerá consigo beneficios económicos para productor.

## 7. LITERATURA CITADA

- Abdalla, E.B., E.A. Kotby, H.D. Johnson.1993. Physiological responses to heat-induced hyperthermia of pregnant and lactating ewes. *Small Ruminant Res.* 11:125-134.
- Abd-Allah, M. 2013. Effects of parity and nutrition plane during late pregnancy on metabolic responses, colostrums production and lamb output of Rahman ewes. *Egyptian J. Anim. Prod.* 50:132-142.
- Annett, R.W., A.F. Carson, L.E.R. Dawson. 2008. Effects of digestible undegradable protein (DUP) supply and fish oil supplementation of ewes during late pregnancy on colostrums production and lamb output. *Anim. Feed Sci. Technol.* 146:270-288.
- Annett, R.W., L.E.R. Dawson, H. Edgar, A.F. Carson. 2009. Effects of source and level of fish oil supplementation in late pregnancy on feed intake, colostrums production and lamb output of ewes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 154:169-182.
- Avendaño-Reyes, L. 2012. Milk production- An up to Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health. Chapter 9, Heat Stress Management for Milk Production in Arid Zones in Tech. Ed.Narongsak Chaiyabutr. pp. 165-184
- Arroyo, J. 2011. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14:829-845.
- Arroyo, J., H. Magaña-Sevilla, M.A. Camacho-Escobar. 2009. Regulación neuroendócrina del anestro postparto en la oveja. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 10:301-312.

- Banchero, G.E., G. Quintans, G.B. Martin, D.R. Lindsay, J.T. B. Milton. 2004. Nutritional and colostrums production in sheep. 1. Metabolic and hormonal responses to a high-energy supplement in the final stages of pregnancy. *Reprod. Fert. Develop.* 16:1-11.
- Banchero, G.E., 2007. Alternativas de manejo nutricional para mejorar la supervivencia de los corderos neonatos. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 15:279-287.
- Banchero, G.E., G. Quintans, A. Vazquez, F. Gigena, A. La Manna, Lindsay y 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.
- Balikci, E., A. Yildiz, F. Gürdoğan. 2005. Blood metabolite concentrations during pregnancy and postpartum in Akkaraman ewes. *Small Ruminant Res.* 67:247-251.
- Bell, A. W., W. McBride, R. Slepatis, R.J. Early and W.B. Currie. 1989. Chronic heat stress and prenatal development in sheep: Conceptus growth and maternal plasma hormones and metabolites. *J. Anim. Sci.* 67: 3289-3299.
- Berbigier, P., 1988. Effet du climat tropical sur la reproduction des ruminants domestiques: améliorations possibles. In: *Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale*. INRA Publ., Versailles VII. pp. 165-189.
- Burke J.M., D.J. Carroll, K.E. Rowe, W.W. Thatcher and F. Stormshak. 1996. Intravascular infusion of lipid into ewes stimulates production of progesterone and prostaglandin. *Biol. Reprod.* 55:169-175.

- Caldeira R.M., A.T. Belo, C.C. Santos, M.I. Vazques, A.V. Portugal. 2007. The effect of body score on blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small Ruminant Res.* 68:233-234.
- Castillo-Maldonado P.P., H. Vaquera-Huerta, L.A. Tarango-Arambula, P. Pérez-Hernández, A.C. Herrera-Corredor, J. Gallegos-Sánchez. 2013. Restablecimiento de la actividad reproductiva posparto en ovejas de pelo. *Arch. Zootec.* 62:419-428.
- Cavestany, D., C. Viñoles, M.A. Crowe, A. La Manna, A. Mendoza. 2009. Effect of prepartum diet on postpartum ovarian activity in Holstein cows in a pastures-based dairy system. *Anim. Reprod. Sci.* 114:1-13.
- Capper, J.L., R.G. Wilson, A.M. Mackenzie and L.A. Sinclair. 2007. The effect of fish oil supplementation of pregnant and lactating ewes on milk production and lamb performance. *Anim.* 1:889-898.
- Chandler, K.D., B.J. Leury, A.R. Bird, A.W. Bell. 1985. Effects of undernutrition and exercise during late pregnancy on uterine, fetal and uteroplacental metabolism in the ewe. *Brit. J. Nutr.* 53:625-635.
- Charismiadou, M.A., J.A. Bizelis, E. Rogdakis. 2000. Metabolic changes during the perinatal period in dairy sheep in relation to level of nutrition and breed. I. Late pregnancy. *J. Anim. Physiol. An. N.* 84:61-72.
- Crempien, C. 2001. Control neonatal de corderos. Curso avances en producción ovina. INIA Chile. 10:51-67.
- Crowe M.A., M.G. Diskin, E.J. Williams. 2014. Parturition to resumption of ovarian cyclicity: comparative aspects of beef and dairy cows. *Anim.* 8s:40-53.

- Collier, R.J., S.G. Doelger, H.H. Head, W.W. Thatcher, and C.J. Wilcox. 1982. Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 54:309-319.
- Delgadillo, J.A., B. Malpoux. 1996. Reproduction of goats in the tropics and subtropics. In: *Proceedings of the Sixth International Conference on Goats*, Beijing, China. pp. 785-793.
- Delgadillo, J.A., J.A. Flores, O. Villarreal, M.J. Flores, G. Hoyos, P. Chemineau, B. Malpoux. 1997. Length of postpartum anestrus in goats in subtropical México: Effect of season of parturition and duration of nursing. *Theriogenology*. 49:1209-1218.
- Derar, R., M. Hayder, A. Ali, H. Hatem. 2012. Postpartum uterine involution and luteal activity in Farafra ewes lambing in autumn. *Assiut Vet. Med. J.* Vol. 58:417-426.
- DeRouen S.M., D.E. Franke, D.G. Morrison, W.E. Wyatt, D.F. Combs, T.W. White, P. E. Humes and B.B. Greene. 1994. Prepartum body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cows. *J. Anim. Sci.* 72:1119-1125.
- Dobek, E., K. Górski, K. Romanowicz, T. Misztal. 2013. Different types of opioid receptors involved in the suppression of LH secretion in lactating sheep. *Anim. Reprod. Sci.* 141:62-67.
- Dobson, H., C. Fergani, J.E. Routly, R.F. Smith. 2012. Effects of stress on reproduction in ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 130:135-140.
- 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.

- Dwyer, C.M. 2008. Genetic and physiological determinants of maternal behaviour and lamb survival: Implications for low-input sheep management. *J. Anim. Sci.* 86:246-258.
- Filatoff A. 2013. Crecimiento de las crías y reinicio de la actividad reproductiva en ovejas de pelo sometidas a restricción nutricional durante el verano. Tesis de Maestría, Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California.
- Firat A., A. Ozpinar. 2002. Metabolic profile of pre-pregnancy, pregnancy and early lactation in multiple lambing Saker ewes. 1. Changes in plasma glucose, 3-hydroxybutyrate and cortisol levels. *Ann. Nutr. Metab.* 46:57-61.
- Fthenakis. G.C., G. Arsenos, C. Broszos, I.A. Fragkou, N.D. Giadinis, I. Giannenas, V.S. Mavrogianni, E. Papadopoulos, I. Valasi. 2012. Health management of ewes during pregnancy. *Anim. Reprod. Sci.* 130:198-212.
- Fuquay, J.W. 1981. Heat stress as affects animal production. *J. Anim. Sci.* 52:64-174.
- García, E. 1985. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2ª Ed. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F.
- Gallegos-Sánchez, J., A. Herrera-Corredor, O. Tejeda-Santorius, P. Pérez-Hernández. 2005. Manejo del anestro postparto en vacas de doble propósito. Reproducción en rumiantes. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 131-149.
- 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 environments:*

Agriculture, Water Supply and Vegetation. Edit. Nova Science Publishers. pp. 41-42.

González-Stagnaro, C. 1993. Comportamiento reproductivo de ovejas y cabras tropicales. Revista científica, FCV-LUZ. 3:173-196.

Gootwine, E., T.E. Spencer and F.W. Bazer. 2007. Litter-size-dependent intrauterine growth restriction in sheep. Anim. 1:547-564.

Gunn, R.G. and J.M. Doney, 1975. The interaction of nutrition and body condition at mating on ovulation rate and early embryo mortality in Scottish Blackface ewes. J. Agr. Sci. 85: 465-470.

Gursel, F.E., M.H. Durak and A. Altiner. 2010. Serum ceruloplasmin levels in ewes fed deficient-energy during late pregnancy. J. Anim. Vet. Advan. 9:820-825.

Hafez, E.S.E., 2000. Reproducción e inseminación artificial en animales. 7ª Ed. McGraw-Hill Interamericana. México, D.F. p. 157-159

Hafez, E.S.E., B. Hafez. 2004. Transporte y sobrevivencia de gametos en: Hafez, E.S.E. and Hafez, B., 2004. Reproducción animal. (7 ed.) Manole Barueri, p. 83-96.

Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. J. Dairy Sci. 82:10-20.

Hansen, P.J. 2009. Review. Effects of heat stress on mammalian reproduction. Phil. Trans. R. Soc. B. 364: 3341-3350.

Haresing, W. 1981. The influence of nutrition on the reproductive in the ewe. Anim. Prod. Sci. 32:257-260.

- Herrera-Corredor, A., 2008. Efecto de la restricción del amamantamiento y el aceite de soya en el desarrollo folicular y el retorno a la actividad ovárica postparto en ovejas de pelo. Tesis Doctoral Colegio de Postgraduados.
- Herrera-Corredor, A., J. Salazar-Ortiz, G. Morales-Terán, A. Pro-Martínez, J. Gallegos-Sánchez. 2010. Efecto del aceite de soya en la dieta y la condición corporal sobre la población folicular y tasa ovulatoria de ovejas pelibuey en dos épocas reproductivas. Universidad y Ciencia en línea. Fecha de consulta 23 de Septiembre de 2014. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/154/15416232008.pdf>
- Hopkins, P.S., C.J. Nolan and P.M. Pepper. 1980. The effects of heat stress on the development of the foetal lamb. *Austr. J. Agric. Res.* 31: 763-771.
- Hossain M. E., M. Shahjalal, M. J. Khan and A. A. Bhuiyan. 2005. Effect of Dietary Energy Supplementation on Feed Intake, Growth and Reproductive Performance of Sheep under Grazing Condition. *Pakistan J. Nutr.* 2:148-152.
- Ishmais M.A.A., R.T. Kridli, S.A. Omer. 2004. Body weight change, milk production and reproductive parameters in suckled vs non-suckled awassi ewes. Department of Animal production, Faculty of Agriculture, Jordan University of Science and Technology. 123-1240.
- Karapehlivan, M., E. Atakisi, O. Atakisi. R. Yucayurt, S.M. Pancarci. 2007. Blood biochemical parameters during the lactation and dry period in Tuj ewes. *Small Ruminant Res.* 73:267-271.
- Kawas, J.R., H. Andrade-Montemayor H., C.D. Lu. 2010. Strategic nutrient supplementation of free-ranging goats. *Small Ruminant Res.* 89:234-243.

- Keady, T.W.J., C.S. Mayne, D.A. Fitzpatrick, M.A. McCoy. 2001. Effect of concentrate feed level in late gestation on subsequent milk yield, milk composition, and fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:1468-1479.
- Keady, T.W.J., C.S. Mayne, D.J. Kilpatrick, M.A. McCoy. 2005. Effect of level and source of nutrients in late gestation on subsequent milk yield and composition and fertility of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:1468-1479.
- Keisler D.H., C.L. Matthew. 1996 Perception and interpretation of the effects of undernutrition on reproduction. *J. anim. Sci.* 74:1-17
- Kenyon, P.R., D.S. Van Der-Linder, H.T. Blair, S.T. Morris, C.M.C. Jenkinson, S.W. Peterson, D.D.S. Mackenzie, E.C. Firth. 2011. Effects of dam size and nutritional plane during pregnancy on lamb performance to weaning. *Small Ruminant Res.*
- King, G. 2002. Pregnancy characteristics. *J. Dairy Sci.* 2283-2290
- 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.
- Lindsay, D.R., 1991. Reproduction in the sheep and goat. In: Cupps, P.T. (Ed.), *Reproduction in Domestic Animals*, 4th ed. Academy Press, San Diego, CA p. 491-515.
- Lozano J.M, F. Forcada, J.A. Abecia. 1998. Opioidergic and nutritional involvement in the control of luteinizing hormone secretion of postpartum Rasa Aragonesa ewes lambing in the mid-breeding season. *Anim. Reprod. Sci.* 52:267-277.

- Macías, U., R. Vicente, F. Anzures, F.D. Álvarez, A. Correa, J.A. Quintero, R. Díaz, C.A. Meza, L. Avendaño-Reyes. 2014. Reinicio de la actividad reproductiva en ovejas pelibuey suplementadas en el último tercio de gestación. Trop. Subtrop. Agroecosyst. 17: Summaries XLI AMPA-VII SSYP, Mérida, Yucatán, México.
- Macías-Cruz, U., F.D. Álvarez-Valenzuela, H.A. Olgúin-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.
- Mahboub H.D.H, S.G.A. Ramadan, M.A.Y. Helal, E.A.K. Aziz. 2013. Effect of maternal feeding in late pregnancy on behaviour and performance of Egyptian goat and sheep and their offspring. Global Vet. 11: 168-16.
- Mahouachi, M., M. Rekik, N. Lassoued, N. Atti. 2005. The effect of constant dietary energy supply during late gestation and early lactation on performances of prolific D´man ewes. Anim. Res. 53:515-252.
- Marai, I.F.M., L.B. Bahgat, T.H. Shalaby and M.A.M. Abdel-Hafez. 2000. Fattening performance, some behavioural traits and physiological reactions of male lambs fed concentrates mixture alone with or without natural clay, under hot summer of Egypt. Annal Arid Zone. 39:449-460.
- Marai, I.F.M., A. A. El-Darawany, A. Fadiel and M.A.M. Abdel-Hafez. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep-a review. Small Ruminant Res. 71:1-12.

- Marai, I.F.M., A. A. El-Darawany, A. Fadiel, M.A.M. Abdel-Hafez. 2008. Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 8:209-234.
- Marín-Aguilar, A., J.C. Tinoco-Magaña, J. Herrera-Camacho, L.G. Sánchez-Gil, V.M. Sánchez-Parra, J.L. Solorio-Rivera, A. García-Valladares. 2007. Reincio de la actividad ovárica y nivel de metabolitos de lípidos en vacas lecheras suplementadas con aceite vegetal durante el posparto temprano. *Interciencia.* 3:180-184.
- Martin G.B., J.T.B. Milton, R.H. Davidson, G.E. Banchemo-Hunzicker, D.R. Lindsay, D. Blanche. 2004. Natural methods for increasing reproductive efficiency in small ruminants. *Anim. Repr. Sci.* 82-83:231-245.
- Mbayahaga, J., S.N.M. Mandiki, J.L. Bister, R. Paquay. 1998. Body weight, oestrus and ovarian activity in local Burundian ewes and goats after parturition in the dry season. *Anim. Reprod. Sci.* 51:289-300.
- McCrabb, G.J. and G. Bortolussi. 1996. Placental growth and the ability of sheep to thermoregulate in hot environment. *Small Rumin. Res.* 20: 121-127.
- McDonald, E., M. Greenhalgh. 1999. *Nutrición Animal.* 5ª Ed. Editorial Acribia, S.A. p. 329-391.
- Meikle A., M. Kulcsar, Y. Chilliard, H. Febel, C. Delavaud, D. Cavestany, P. Chilbroste. 2004. Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. *Reprod.* 127: 727-737.
- Mellado, M., T. Vera, C. 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. Agric. Sci. Cambridge.* 135: 91-94.

- Mellor, D.J. 1983. Nutritional and placental determinants of foetal growth rate in sheep and consequences for the newborn lamb. *Brit. Vet. J.* 139:307-324.
- 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.
- Mendoza, G.A., A.A. Berumen, M.E. Santamaría, C.G. Vera. 2010. Diagnóstico clínico del ovino 1ª ed. Villahermosa, Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Meza-Herrera, C.A., L. Martinez, C. Aréchiga, R. Bañuelos, R.M. Rincón, 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.
- Montiel, F., C. Ahuja. 2005. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Anim. Reprod. Sci.* 85:1-26.
- Morales-Terán, G., A. Herrera-Corredor, P. Pérez-Hernández, J. Salazar-Ortíz, J. Gallegos-Sánchez. 2011. Influence of controlled suckling and the male effect on the resumption of postpartum ovarian activity in pelibuey sheep. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 13:493-500.
- Morales-Terán, G., A. Pro-Martínez, B. Figueroa-Sandoval, C. Sánchez-del-Real, J. Gallegos-Sánchez. 2004. Amamantamiento continuo o restringido y su relación con la duración del anestro postparto en ovejas Pelibuey. *Agorciencia.* 38:165-171.
- Muñoz, S.T., A.F. Carson, M.A. McCoy, L.E.R. Dawson, N.E. O'Connell and A.E. Gordon. 2008. Nutritional status of adult ewes during early and mid pregnancy.

1. Effects of plane of nutrition on ewe reproduction and offspring performance to weaning. *Anim.* 2:52-63.

Nasar, A. and A. Rahman. 2006. Hormonal changes in the uterus during pregnancy- Lessons from the ewe: A review. *J. Agr. Rural Develop.* 4:1-7.

Nett, T.M. 1987. Function of the hypothalamic-hypophysial axis during postpartum period in ewes and cows. *J. Reprod. Fertility.* 34: 201-213.

Niswender, G.D.; J.L Juengel, P.J. Silva, M.K. Rollyson and E.W. McIntush. 2000. Mechanisms controlling the function and lifespan of the corpus luteum. *Physiol. Rev.* 80:1-29.

Nowak, R., R.H. Porter, F. Lévy, P. Orgeur, B. Schaal. 2000. Role of mother-young interactions in the survival of offspring in domestic mammals. *Rev. Reprod.* 5:153-163.

NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small ruminants, sheep, goats, cervids, and new world camelids. 1<sup>a</sup> ed. Natl. Acad. Press. Washington, DC.

O'Doherty, J.V. and T.F. Crosby. 1996. The effect of diet in late pregnancy on progesterone concentration and colostrum yield in ewes. *Theriogenology.* 46: 233–241.

Olafsdóttir, H.O. 2012. Energy and protein in the diet of ewes in late pregnancy: Effects on ewe feed intake, life weight, body condition and concentration of plasma metabolite. M.S. theses Agricultural University of Iceland.

Otto, J.R., M.J. Freeman, B.S. Malau-Aduli, P.D. Nichols, P.A. Lane and A.E.O. Malau-Aduli. 2014. Reproduction and fertility parameters of dairy cows supplemented with omega-3 fatty acid-rich canola oil. *Annu. Res. Rev. Biol.* 10:1611-1636.

- Pérez-Hernández, P., M. García-Winder, J. Gallegos-Sánchez. 2002. Postpartum anoestrous is reduced by increasing the within-day milking to suckling interval in dual purpose cows. *Anim. Reprod. Sci.* 73: 159-168.
- Pérez-Hernández, P., V.M. Hernández-Valdez, B. Figueroa-Sandoval, G. Torres-Hernández, P. Díaz-Rivera, J. Gallegos-Sánchez. 2009. Efecto del tipo de amamantamiento en la Actividad ovárica postparto de ovejas Pelibuey y tasas de crecimiento de corderos en los primeros 90 días de edad. *Rev. Cient-Fac. Cien. V.* 19:343-349.
- Randel R.D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 853-862.
- Raofi, A., M. Jafarian, S. Safi, M. Vatankhah. 2013. Fluctuations in energy-related metabolites during the peri-parturition period in Lori-Bathtiari ewes. *Small Ruminant Res.* 109:64-68.
- Redmer, D.A., D. Wallace, L.P. Reynolds. 2004. Effects of nutrient intake during gestation on fetal and placental growth and vascular development. *Domest. Anim. Endocrinol.* 27:199-217.
- Rekik, M., H. Ben-Salem, N. Lassoued, H. Chalouati and I. Ben-Salem. 2010. Supplementation of barbarine ewes with spineless cactus (*Opuntia ficus-indica f. inermis*) cladodes during late gestation-early suckling: Effects on mammary secretions, blood metabolites, lamb growth and postpartum ovarian activity. *Small Ruminant Res.* 90: 53-57.
- Rekwot, P.I., V.O. Akinpelumi, L.O. Sekoni, E.O. Eduvie, E.O. Oyedipe. 2004. Effects of nutritional supplementation and exposure to bulls on resumption of post-partum ovarian activity in Bunaji (*Bos indicus*) cattle. *Vet. J.* 167: 67-71.

- Rosa H.J.D. and M.J. Bryant. 2003. Seasonality of reproduction in sheep. *Small Ruminant Res.* 48:155-171.
- Roth Z., R. Meidan, A. Shaham-Albalancy, R. Braw-Tal and D. Wolfenson. 2001*b*. Delayed effect of heat stress on steroid production in medium-sized and preovulatory bovine follicles. *Reprod.* 121:745-751.
- Russell, A.J.F., J.M. Doney, R.J. Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agric. Sci.* 72:451-454.
- Salas-Razo, G., J. Herrera-Camacho, E. Gutiérrez-Vázquez, J.C. Ku-Vera, J.R. Aké-López. 2011. Reinicio de la actividad ovárica postparto y concentración plasmática de metabolitos lípidos y progesterona en vacas suplementadas con grasa de sobrepeso. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14:385-392.
- Santiago-Moreno, J., A. González de Bulnes, A. Gómez-Brunet, A. López-Sebastián. 2000. Effect of season on the resumption of postpartum cyclic ovarian activity in Muflon (*Ovis gmelini musimon*) and Manchega sheep (*Ovis aries*). *Small Ruminant Res.* 36:69-74.
- SAS, 2004. SAS/STAT: User's guide statistics released 9.1. 2<sup>nd</sup> ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.
- Schillo, K.K. 1992. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 70: 1271-1282.
- Schirar, A., Y. Cognie, F. Loulaut, N. Poulin, C. Meusnier, M.C. Levasseur, J. Martinet. 1990. Resumption of gonadotrophin release during the post-partum period in suckling and non-suckling ewes. *J. Reprod. Fertility.* 88:593-604.

- Sejian, V., V. P. Maurya, S.M.K. Naqvi. 2010a. Adaptability and growth of Malpura ewes subjected to thermal and nutritional stress. *Trop. Anim. Hlth. Prod.* 42:1763-1770.
- Sejian, V., V.P. Maurya, S.M.K. Naqvi. 2010b. Adaptive capability as indicated by endocrine and biochemical responses of Malpura ewes subjected to combined stresses (thermal and nutritional) in a semi-arid tropical environment. *Int. J. Biometeorol.* 54:653-661.
- Sen, U., E. Sirin, M. Kuran. 2012. The effect of maternal nutritional status during mid-gestation on placental characteristics in ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 137:31-36
- Senger, P.L. 2005. Pathways to pregnancy and parturition. 2<sup>nd</sup> ed. Conceptions, Inc. Washington State University Research, Pullman WA. p. 327-335.
- Smart, D., I. Singh, R.F. Smith, H. Dobson. 1994. Opioids and suckling in relation to inhibition of oestradiol-induced LH secretion in postpartum ewes. *J. Reprod. Fertility.* 101:115-119.
- Stagg, K., M.G. Diskin, J.M. Sreenan, J.F. Roche. 1995. Follicular development in long-term anoestrous suckler beef cows fed two levels of energy post-partum. *Anim. Reprod. Sci.* 38:49–61.
- Sullivan, T.M., G.C. Micke, V.E.A. Perry. 2009. Influences of diet during gestation on potential postpartum reproductive performance and milk production of beef heifers. *Theriogenology.* 72:1202-1214.
- Swanson, E.W. and J. K. Miller. 1973. Restoration of normal lactation in hypothyroid cows. *J. Dairy Sci.* 56: 92-97.
- Tao, S and G.E. Dahl, 2012. Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. *J. Dairy Sci.* 96: 4079-4093.

- Tatman, W.R., M.B. Judkins, T.G. Dunn and G.E. Moss. 1990. Luteinizing hormone in nutrient-restricted ovariectomized ewes. *J. Anim. Sci.* 68: 1097-1102.
- Treacher T. 2007. Nutrición durante la lactancia. En: Herve M (ed). *Producción Ovina –Desde el Suelo a la Gestión*. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. p. 44-53.
- Tygesen M.P., M.O. Nielsen, P. Norgaard, H. Ranving, A.P. Harrison, A.H. Tauson. 2008. Late gestational nutrient restriction: Effects on ewes metabolic and homeorhetic adaptation, consequences for lamb birth weight and lactation performance. *Archives of Animal Nutrition.* 62:44-59
- Vélez-Marín, M. y L.F. Uribe-Velásquez. 2010. Cómo afecta el estrés calórico la reproducción?. *Biosalud* 9:83-95.
- Wade, G.N. and J. E. Jones. 2004. Neuroendocrinology of nutritional infertility. *Am. J. Physiol-Reg. I.* 287:1277-1296.
- Waterland, R. A. and R.L. Jirtle. 2004. Early nutrition, epigenetic changes at transposons and imprinted genes and enhanced susceptibility to adult chronic diseases. *Nutrition* 20: 63–68.
- Wu, G., W. Fuller, T. Cudd, C, Meinigier, T. Spencer. 2004. Maternal Nutrition and fetal development. *Recent Advances in Nutritional Science. J Nutr.* 134:2169-2172.
- Yavas Y. and J.S. Walton. 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cows: A review. *Theriogenology.* 54:25-55.
- Zarazaga, L.A., J.L. Guzmán, C. Domínguez, M.C. Pérez, R. Prieto. 2005. Effects of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Anim. Reprod. Sci.* 87:253-267.

