

Comportamiento productivo, consumo de nutrientes y productividad al parto de ovejas de pelo suplementadas con energía en el preparto durante verano e invierno[#]

Productive performance, nutrient intake and productivity at lambing of hair breed ewes supplemented with energy in the pre-partum during summer and winter

R Vicente-Pérez^a, L Avendaño-Reyes^a, FD Álvarez^a, A Correa-Calderón^a,
CA Meza-Herrera^b, M Mellado^c, JA Quintero^d, U Macías-Cruz^{a*}

^aInstituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Baja California, México.

^bUnidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, Durango, México.

^cDepartamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.

^dDepartamento de Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

SUMMARY

A total of 48 pregnant multiparous hair ewes were used to evaluate the effects of energy supplementation (100 and 125% of metabolizable energy) and season (summer and winter) on the productive performance and nutrient intakes during the last third of gestation, in an arid weather. Additionally, ewe productivity at lambing was studied. The experimental diets were offered from day 100 of pregnancy until lambing. Climatic conditions were heat stress in summer and thermoneutral in winter. The interaction supplementation x season was not significant ($P > 0.05$) for any variable. Compared with control, supplemented ewes presented higher ($P < 0.05$) intake of total digestible nutrients and metabolizable energy, likewise, higher ($P < 0.05$) daily weight gain and feed efficiency. Supplementation did not affect ($P > 0.05$) lamb birth weights and the ewe productivity at lambing. Moreover, ewes in winter had greater ($P < 0.05$) intake of nutrients, weight gain and feed efficiency compared with summer. At lambing, season did not affect ($P > 0.05$) lamb birth weights but whether ($P < 0.05$) the size and weight of litter. In conclusion, energy supplementation improved energy intakes, which was reflected in increased live weight for ewes, but without effect on lamb birth weights. The high summer temperatures reduced the ewe productivity as result of a low nutrient intake.

Key words: Hair sheep, maternal nutrition, metabolizable energy, gestation, heat stress.

RESUMEN

Se utilizaron 48 ovejas múltiparas gestantes para evaluar el efecto de la suplementación energética (100 y 125% de energía metabolizable) y la época (verano e invierno) sobre el comportamiento productivo y el consumo de nutrientes durante el último tercio de gestación, en un clima árido. Adicionalmente fue evaluada la productividad de la oveja al parto. Las dietas experimentales se ofrecieron del día 100 de gestación al parto. Las condiciones climáticas en verano fueron de estrés calórico y en invierno termoneutrales. La interacción suplementación por época no fue significativa ($P > 0,05$) para ninguna variable. Las ovejas suplementadas comparadas con el grupo testigo presentaron mayor ($P < 0,05$) consumo de nutrientes digestibles totales y energía metabolizable, asimismo, mayor ($P < 0,05$) ganancia diaria de peso y eficiencia alimentaria. La suplementación no afectó ($P > 0,05$) el peso al nacimiento de los corderos y la productividad de la oveja al parto. Por lo demás, el consumo de nutrientes, la ganancia de peso y la eficiencia alimentaria fueron mayores ($P < 0,05$) en invierno que en verano. Al parto, la época no afectó ($P > 0,05$) el peso al nacimiento pero sí ($P < 0,05$) el tamaño y peso de camada. En conclusión, la suplementación energética mejoró el consumo de energía, lo que se reflejó en un incremento en el peso vivo de la oveja pero no sobre el peso al nacimiento de las crías. Las altas temperaturas de verano redujeron la productividad de la oveja como resultado de un bajo consumo de nutrientes.

Palabras clave: ovinos, nutrición materna, energía metabolizable, gestación, estrés calórico.

INTRODUCCIÓN

En el último tercio de la gestación, los requerimientos nutricionales de las ovejas incrementan, siendo la

energía metabolizable uno de los nutrientes más demandados para soportar tanto el crecimiento fetal como el metabolismo materno (Freetly y Leymaster 2004, Cal-Pereyra y col 2011). El suministro apropiado de dicho nutriente, particularmente en este periodo de la gestación, permite la adecuada ganancia de peso de la oveja, asegura pesos altos al nacimiento de las crías y la sobrevivencia de los corderos en el periodo postnatal (Gardner y col 2007). Sin embargo, el consumo de alimento puede ser comprometido durante las semanas previas al parto, esto debido a una reducción en la

Aceptado: 16.04.2015.

[#] Proyecto financiado al autor de correspondencia dentro del marco de la "17va. Convocatoria Interna de Apoyo a Proyectos de Investigación UABC"

* Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, Baja California, México, C.P. 21705; ulisesmacias1988@hotmail.com.

capacidad ruminal como consecuencia del crecimiento exponencial que presenta el feto (80%). De esta manera los requerimientos nutricionales, principalmente de energía, no son cubiertos al 100% afectando negativamente el crecimiento fetal y los pesos al nacimiento de las crías (Freetly y Leymaster 2004, Gardner y col 2007). En regiones áridas y semiáridas del mundo este problema puede ser más crítico durante el verano, ya que las condiciones climáticas que prevalecen en esa época son de estrés térmico. En ovejas gestantes, aparte de disminuir el consumo de alimento por el crecimiento fetal, se ha demostrado que las altas temperaturas promueven un menor desarrollo de placenta (Bell y col 1989), al mismo tiempo que provocan una reducción en el consumo de alimento como un mecanismo de termorregulación para disminuir la producción de calor metabólico (Marai y col 2007). Adicionalmente, los requerimientos energéticos de mantenimiento se incrementan, ya que parcialmente la energía es usada para disipar la carga de calor corporal por la activación de diferentes mecanismos compensatorios, ya sean de tipo fisiológico, endocrinológico o metabólico (Macías-Cruz y col 2013). Así, restricción en el crecimiento uterino, pesos ligeros al nacimiento en las crías y alta mortalidad en los primeros días postparto son esperados cuando las ovejas son sometidas a condiciones naturales de estrés por calor.

La formulación de dietas con mayor densidad energética en relación con la recomendada por el NRC (2007) para ovejas que gestan en el último tercio podría ser una estrategia alimentaria para mantener un consumo de energía metabolizable adecuado tanto en ambientes termoneutrales (invierno-primavera) como de hipertermia (verano), y así evitar comprometer negativamente el desarrollo fetal, el peso al nacimiento de las crías y el metabolismo materno. Algunos estudios realizados sugieren resultados positivos respecto del estado metabólico, condición corporal al parto, y desarrollo de la cría postparto (Radunz y col 2011, Abdalla y col 2012, Mahboub y col 2013). Sin embargo, esos estudios fueron hechos con razas de lana y en climas termoneutrales; en este sentido, investigación con razas de pelo y en condiciones de estrés calórico son requeridos para hacer más eficientes los sistemas de producción en diferentes escenarios climáticos y acorde a cada raza. Es importante mencionar que poco se ha estudiado acerca del comportamiento productivo que presentan ovejas gestantes cuando son suplementadas. Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación energética y la época del año en el comportamiento productivo y el consumo de nutrientes de ovejas de pelo preñadas durante el último tercio en un clima árido. El impacto de estos mismos factores también fue evaluado con el peso al nacimiento de las crías y productividad de la oveja al parto.

MATERIAL Y MÉTODOS

LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la Unidad Experimental Ovina del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, Valle de Mexicali, B.C., México. La región se caracteriza por presentar un clima árido, muy caluroso y seco (BWh). En verano, las temperaturas alcanzan hasta los 52 °C mientras que en invierno se registran temperaturas de 0 °C. La precipitación media anual es de 84 mm, la que es errática y se concentra principalmente en los meses de diciembre y enero (García 1985).

ANIMALES Y TRATAMIENTOS

El estudio se diseñó para evaluar tanto en verano como en invierno el efecto de la suplementación energética en los últimos 50 días de gestación, justamente cuando la demanda de nutrientes se incrementa drásticamente por diferentes eventos reproductivos que suceden en esta fase de la gestación (80% de crecimiento fetal, desarrollo de ubre, parto, síntesis de calostro, otros). Consecuentemente, un grupo de ovejas en cada época fue sometido a un programa de sincronización de estro-monta natural y a diagnóstico de gestación a los 94 días postservicio para garantizar que todas quedaran empadradas en un rango de tiempo corto (24-36 h) y tuvieran un tiempo de preñez similar al inicio del experimento (100 días de gestación). En general, el manejo y los tratamientos de los animales fueron similares en ambas épocas. Todas las ovejas usadas en cada época se mantuvieron estabuladas en un solo corral desde 30 días antes del empadre hasta el día 94 postservicio. Se utilizaron 60 ovejas cruzadas de Pelibuey x Katahdin, 30 en verano y 30 en invierno, estas tenían entre 5 y 6 partos, edad de $5,7 \pm 0,4$ años, peso vivo de $49,6 \pm 0,5$ kg y condición corporal de $3,0 \pm 0,3$ unidades (escala 1-5 unidades; Russel y col 1969). El programa de sincronización de estro consistió en introducir intravaginalmente esponjas impregnadas de 20 mg de acetato de fluorogestona (Chronogest, Intervet, México) por 10 días y 24 h antes del retiro; se aplicó intramuscularmente 300 UI de gonadotropina coriónica equina (Folligón, Intervet, México). Después de 12 h de finalizado el protocolo, las ovejas fueron empadradas naturalmente bajo un sistema de encaste controlado; es decir, 2 montas por oveja, una al momento de mostrar el estro y otra 12 h después (Macías-Cruz y col 2012). Se utilizaron 4 sementales de la raza Dorper con fertilidad probada, los que fueron ingresados individualmente al corral de hembras hasta que cada uno encastó entre 7 y 8 ovejas en cada época. En general, ninguna oveja perdió la esponja durante el protocolo de sincronización y 100% presentó signos de estro dentro las 36 h postretiro del progestágeno. Todas las ovejas fueron empadradas pero dos repitieron estro en verano, por lo que se tuvieron que eliminar del experimento. La alimentación de las ovejas

entre el día 0 y 94 postservicio fue con una ración que contenía 12% de proteína cruda (PC) y 2,1 Mcal de energía metabolizable (EM)/kg de materia seca (MS; NRC 2007). Tanto el alimento como el agua se ofrecieron *ad libitum* durante este periodo.

Al día 94 postservicio se confirmó la preñez vía transrectal (modo B) con un ultrasonido portátil (ESAOTE Pie Medical, Modelo Tringa Linear Vet, transductor de 3,5 Mhz). El 100% de las ovejas que no repitió signos de estro quedó gestante en ambas épocas, pero solamente 24 ovejas por época fueron seleccionadas basado en el peso vivo ($51,1 \pm 0,4$ kg) y la condición corporal ($3,0 \pm 0,1$ unidades, escala 1-5). En cada época, las ovejas seleccionadas se asignaron a 1 de 2 tratamientos ($n=12$) bajo un diseño de bloques completamente al azar usando el peso vivo como factor de bloqueo. Los tratamientos fueron dos dietas experimentales isoproteicas (~12% PC) formuladas con: 1) 100% (testigo; 2,4 Mcal/kg de MS) y 2) 125% (suplementadas; 3,0 Mcal/kg de MS) de los requerimientos de EM para ovejas que gestan dos fetos durante el último tercio (NRC 2007). Se ofreció dos veces por día (07:00 y 18:00 h) tanto el alimento como el agua. En general, las dietas experimentales se ofrecieron del día 94 de gestación hasta el parto, considerando como un periodo de adaptación entre los días 94 y 99, y como periodo experimental del día 100 al parto.

Es importante aclarar que 4 ovejas/tratamiento/época se colocaron en corraletas individuales (1,0 x 1,5 m) para medir consumo de agua y nutrientes. El resto de las ovejas se colocaron en un corral (5,0 x 5,0 m) por tratamiento. Todos los corrales utilizados estuvieron equipados con comedero, bebedero y sombra.

VARIABLES CLIMÁTICAS

La temperatura (T , °C) y la humedad relativa (HR, %) fueron registradas diariamente durante el periodo experimental con la ayuda de una estación meteorológica. A base de esa información climática se calculó el índice de temperatura-humedad (ITH): $ITH = (0,81 \times T) + HR(T - 4,40) + 46,40$ (Hahn 1999).

CONSUMO DE AGUA Y NUTRIENTES

El consumo de agua se midió diariamente durante la mañana y la tarde, para ello los bebederos fueron previamente graduados. El consumo de agua por día y por kg de MS (consumo diario de agua/ consumo diario de MS) fue calculado. Por lo demás, el peso del alimento ofrecido y rechazado también fue registrado diariamente para calcular el consumo de alimento. La cantidad de alimento ofrecido diariamente se ajustó basado en el consumo del día anterior para tener un rechazo máximo del 15%. Adicionalmente, muestras de alimento ofrecido de cada dieta experimental se colectaron para análisis químico y cálculo del consumo de cada nutriente basado en el consumo de alimento.

Las muestras de alimento se colectaron semanalmente (250 g) en bolsas de papel, las que fueron secadas en una estufa a 60 °C por 48 h, molidas y almacenadas en depósitos de plástico. Al final del periodo experimental las muestras de cada tratamiento se mezclaron y se tomaron dos submuestras para posterior análisis químico en el laboratorio de nutrición animal del ICA-UABC (cuadro 1). Todas las muestras fueron analizadas para contenido de MS, materia orgánica (MO), cenizas, extracto etéreo (EE) y PC (AOAC 1990); asimismo para fibra detergente neutra (FDN; Van Soest y col 1991) y fibra detergente ácida (FDA; Goering y Van Soest 1970) usando el analizador de fibras ANKOM²⁰⁰ (ANKOM Technology, NY, USA). Además, para cada dieta se calculó mediante ecuaciones el contenido de nutrientes digestibles totales (NDT) y los diferentes tipos de energía, como digestible (ED), metabolizable (EM), neta de mantenimiento (ENm) y neta de ganancia (ENg). El porcentaje de digestibilidad de la materia seca (DMS) y materia orgánica (DMO) también fue obtenida por medio de ecuaciones. Las ecuaciones utilizadas se enlistan a continuación:

$$NDT = 102,56 - (1,4 \times FDN) \text{ (Alves y col 2011)}$$

$$ED = TND \times 0,044 \text{ (NRC 1985)}$$

$$EM = 0,82 \times ED \text{ (NRC 1985)}$$

$$ENm = 1,37 \times EM - 0,14EM^2 + 0,01EM^3 - 1,12 \text{ (NRC 1985)}$$

$$ENg = 1,42 \times EM - 0,17EM^2 + 0,012EM^3 - 1,65 \text{ (NRC 1985)}$$

$$DMS = 88,9 - 0,779 \times FDA \text{ (Moore y Undersander 2002)}$$

$$DMO = 53,37 + 0,17 \times PC \text{ (Tatli 2006)}$$

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO

En todas las ovejas experimentales se registró individualmente el peso vivo y la condición corporal (escala 1-5; Russel y col 1969) a los días 100 y 145 de gestación. La ganancia de peso total y diaria fueron calculadas. Adicionalmente se calculó la eficiencia alimenticia considerando el consumo diario de alimento por tratamiento medido en las corraletas individuales y la ganancia diaria de peso individual.

PRODUCTIVIDAD AL PARTO

El peso vivo y la condición corporal de las ovejas se registraron individualmente después del parto. También se registraron rasgos individuales de las crías nacidas (peso al nacimiento y sexo) y de la productividad de la oveja al parto (tamaño y peso de camada). El tamaño de camada se determinó cuantificando el número de crías por oveja parida, mientras que el peso de camada se obtuvo sumando los pesos al nacimiento de las crías en cada oveja. En general, todas las ovejas parieron en ambas épocas y tuvieron una longitud de gestación de $148,8 \pm 2,0$ d.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Toda la información se analizó bajo un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 2

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de las dietas experimentales.
Ingredients and chemical composition of experimental diets.

Ingrediente (%)	Testigo	Suplementada	Composición química (%)	Testigo	Suplementada
Paja de trigo	40,0	0,0	Materia seca	91,1	91,4
Heno sudán	0,0	20,0	Materia orgánica	80,5	84,5
Grano de trigo	32,0	46,4	Proteína cruda	11,5	11,8
Harina soya	4,0	7,0	Fibra detergente neutra	43,6	29,1
Semilla algodón	13,0	14,0	Fibra detergente ácida	29,1	13,7
Melaza	9,0	4,0	Hemicelulosa	14,5	15,4
Aceite de soya	0,0	6,5	Cenizas	10,5	6,9
Premezcla	0,5	0,5	Extracto etéreo	4,1	7,5
Sal común	0,2	0,2	Nutrientes digestibles totales	64,9	82,2
Ortofosfato	0,5	0,6	Energía digestible (Mcal/Kg)	2,86	3,62
Piedra caliza	0,95	1,2	Energía metabolizable (Mcal/Kg)	2,35	2,99
			ENm (Mcal/kg)	1,52	2,03
			ENg (Mcal/kg)	0,92	1,37
			Digestibilidad de MS	66,2	78,2
			Digestibilidad de MO	55,2	55,4

(testigo y suplementadas) x 2 (invierno y verano), usando el procedimiento PROC GLM del programa estadístico SAS (2004). En el caso de peso al nacimiento de la cría y peso de camada se incluyó el número de crías por oveja como una covariable. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey's a una $\alpha = 0,05$. Solamente se presentan resultados de factores principales debido a que la interacción tratamiento por época no fue significativa ($P > 0,05$) para ninguna variable de estudio.

RESULTADOS

VARIABLES CLIMÁTICAS

Los promedios diarios de temperaturas, humedad relativa, ITH, velocidad del viento y radiación solar fueron para verano de 31,9 °C, 35,1%, 77,5 unidades, 2,6 km/h y 273,4 W/m², respectivamente, mientras que para invierno fueron de 15,7 °C, 44,0%, 58,9 unidades, 5,5 km/h y 197,9 W/m², respectivamente. En general se observó mayor temperatura, ITH y radiación solar pero menor humedad relativa y velocidad del viento en verano que en invierno.

EFFECTO DE SUPLEMENTACIÓN

El consumo de agua y de algunos nutrientes (MS, MO, PC, hemicelulosa y MO digestible) no fue afectado ($P > 0,05$) por la suplementación energética (cuadro 2). No obstante, las ovejas suplementadas comparadas con las testigos consumieron menor ($P < 0,05$) cantidad de FDN, FDA y cenizas pero mayor ($P < 0,05$) cantidad de NDT, MS digestible y energía de cualquier tipo (ED, EM, ENm y ENg).

Las ovejas suplementadas presentaron mayor peso vivo ($P < 0,05$) pero similar ($P > 0,05$) condición corporal al día 145 de gestación que las ovejas testigo (cuadro 3). La suplementación energética también incrementó ($P < 0,05$) la ganancia de peso (diaria y total) y la eficiencia alimentaria. El consumo de alimento no fue afectado ($P > 0,05$) por la suplementación energética.

El peso al nacimiento de machos y hembras no fue afectado ($P > 0,05$) por suplementación energética (cuadro 4). Al parto, las ovejas suplementadas presentaron mayor ($P < 0,05$) peso vivo y condición corporal en comparación con las ovejas testigo. La suplementación no afectó ($P > 0,05$) el tamaño y el peso de la camada por oveja parida.

EFFECTO DE ÉPOCA

El consumo de agua diaria y por kilogramo de MS fue mayor ($P < 0,05$) en verano que en invierno (cuadro 2). Mientras que el consumo de FDA ($P = 0,10$) y cenizas ($P = 0,07$) solamente tendió a disminuir en verano comparado con invierno, el consumo del resto de los nutrientes evaluados (MS, MO, PC, FDN, NDT, MS digestible y MO digestible) y de las energías (ED, EM, ENm y ENg) fue significativamente mayor ($P < 0,05$) en invierno. El consumo de hemicelulosa no fue afectada ($P > 0,05$) por la época.

Las ovejas presentaron mayor ($P < 0,05$) peso vivo y condición corporal en invierno que en verano al día 145 de gestación (cuadro 3). La ganancia de peso diaria y total en invierno fue mayor ($P < 0,05$) que en verano. El consumo de alimento (tal como se ofrece) y la eficiencia alimenticia no fue afectado ($P > 0,05$) por época.

Cuadro 2. Consumo de agua, nutrientes y energías en ovejas de pelo suplementadas energéticamente durante el último tercio de gestación en verano e invierno.

Intake of water, nutrients and energies in hair ewes supplemented with energy during the last third of gestation, in winter and summer.

Variable	Tratamientos			Épocas		
	Testigo	Suplementadas	EE	Invierno	Verano	EE
Ovejas (n)	8	8		8	8	
Consumo de agua (L/d)	5,9 ^a	5,2 ^a	0,4	4,1 ^a	6,9 ^b	10,4
Consumo de agua (L/kg MS)	4,8 ^a	4,4 ^a	0,3	3,1 ^a	6,0 ^b	0,3
Consumo de nutrientes (g/d)						
Materia seca	1.246 ^a	1.230 ^a	45,0	1.316 ^a	1.160 ^b	45,0
Materia orgánica	1.003 ^a	1.039 ^a	37,2	1.086 ^a	955,9 ^b	37,2
Proteína cruda	143,3 ^a	145,1 ^a	5,2	153,4 ^a	135,1 ^b	5,2
Fibra detergente neutro	543,3 ^a	357,9 ^b	16,6	475,6 ^a	425,6 ^b	16,6
Fibra detergente ácida	362,6 ^a	168,5 ^b	10,2	278,7 ^a	252,5 ^a	10,2
Hemicelulosa	180,7 ^a	163,6 ^a	21,3	171,2 ^a	173,2 ^a	21,3
Cenizas	130,9 ^a	84,8 ^b	3,9	113,8 ^a	101,9 ^a	3,9
Nutrientes digestibles totales	809 ^a	1.016 ^b	33,7	974,2 ^a	850,1 ^b	33,7
MS digestible	825,0 ^a	961,9 ^b	32,8	952,7 ^a	834,2 ^b	32,8
MO digestible	689,2 ^a	681,4 ^a	24,9	728,6 ^a	642,0 ^b	24,9
Consumo de energías (Mcal /d)						
ED	3,6 ^a	4,4 ^b	0,2	4,2 ^a	3,7 ^b	0,2
EM	2,9 ^a	3,6 ^b	0,1	3,5 ^a	3,1 ^b	0,1
ENm	1,9 ^a	2,5 ^b	0,1	2,3 ^a	2,0 ^b	0,1
ENg	1,1 ^a	1,7 ^b	0,05	1,5 ^a	1,3 ^b	0,05

^{a, b} Medias con distinta literal en hileras indican diferencia a $P < 0,05$.

Materia seca (MS), materia orgánica (MO), energía digestible (ED), energía metabolizable (EM), y energía neta de mantenimiento (ENm) y ganancia (ENg).

Cuadro 3. Comportamiento productivo en ovejas de pelo suplementadas energéticamente durante el último tercio de gestación en verano e invierno.

Productive performance of hair ewes supplemented with energy during the last third of gestation, in winter and summer.

Variables	Tratamientos			Épocas		
	Testigo	Suplementadas	EE	Invierno	Verano	EE
Ovejas (n)	24	24		24	24	
Peso vivo (kg)						
d100	50,8 ^a	50,9 ^a	0,7	50,7 ^a	51,0 ^a	0,6
d145	60,5 ^a	62,4 ^b	0,7	62,3 ^a	60,6 ^b	0,7
Condición corporal (unidades 1-5)						
d100	3,0 ^a	3,1 ^a	0,05	3,0 ^a	3,0 ^a	0,05
d145	3,2 ^a	3,3 ^a	0,05	3,3 ^a	3,1 ^b	0,05
Ganancia de peso total (kg)	9,7 ^a	11,5 ^b	0,6	11,6 ^a	9,6 ^b	0,6
Ganancia diaria de peso (g/d)	216,2 ^a	255,7 ^b	14,1	258,1 ^a	213,8 ^b	13,7
Consumo de alimento (kg)	1,4 ^a	1,3 ^a	0,01	1,4 ^a	1,3 ^a	0,01
Eficiencia alimenticia (g/kg)	157,6 ^a	188,5 ^b	10,5	177,2 ^a	168,9 ^a	10,2

Interacción entre régimen de alimentación y época no fue significativa ($P > 0,05$).^{a, b} Medias con distinta literal en hileras indican diferencia a $P < 0,05$.

El peso al nacimiento tanto de machos como de hembras no fue afectado ($P > 0,05$) por época (Cuadro 4). La condición corporal al parto tampoco fue afectada (P

$> 0,05$) por época, pero sí el peso vivo que fue mayor ($P < 0,05$) en invierno que en verano. El tamaño y peso de camada fue mayor ($P < 0,05$) en invierno que en verano.

Cuadro 4. Peso al nacimiento de las crías y productividad al parto en ovejas de pelo suplementadas con energía durante el último tercio de gestación en verano e invierno.

Lamb birth weight and productivity at lambing in hair ewes supplemented with energy during the last third of gestation, in winter and summer.

Variable	Tratamientos			Épocas		
	Testigo	Suplementadas	EE	Invierno	Verano	EE
Peso al nacimiento (kg)						
Hembras	2,6 ^a	2,7 ^a	0,2	2,7 ^a	2,6 ^a	0,1
Machos	2,9 ^a	2,9 ^a	0,2	2,9 ^a	2,9 ^a	0,2
Ovejas al parto						
Peso vivo (kg)	51,1 ^a	53,2 ^b	0,7	53,4 ^a	50,9 ^b	0,7
CC (1-5 unidades)	2,9 ^a	3,2 ^b	0,07	3,1 ^a	3,1 ^a	0,07
Tamaño de camada (n)	2,1 ^a	1,9 ^a	0,1	2,2 ^a	1,7 ^b	0,1
Peso de camada (kg)	5,9 ^a	5,4 ^a	0,4	6,4 ^a	4,9 ^b	0,4

^{a, b} Medias con distinta literal en hileras indican diferencias a $P < 0,05$.
CC = Condición corporal.

DISCUSIÓN

EFFECTO DE SUPLEMENTACIÓN

La hipótesis planteada en este estudio fue que la suplementación energética en los últimos 50 días antes del parto mejoraba la ganancia de peso y la condición corporal sin alterar el consumo de alimento en ovejas de pelo gestantes, al mismo tiempo que tenía un impacto positivo sobre el peso al nacimiento de las crías y la productividad de las ovejas al parto. Los resultados obtenidos soportan parcialmente esta hipótesis, ya que el peso de las crías así como el tamaño y peso de camada al parto no fueron afectadas por la suplementación energética. Consecuentemente, nuestros resultados sugieren que, en ovejas de pelo, la adición de 25% de EM a la dieta preparto favorece el estado corporal de la oveja tanto en la gestación como al parto, evitando el balance energético negativo que generalmente se presenta por una deficiente alimentación en la gestación. Esto puede ser benéfico para que las ovejas presenten un reinicio temprano de la actividad reproductiva postparto, asimismo, una mejor producción de leche que garantice un adecuado crecimiento de las crías en el periodo predestete. Aunque futuros estudios necesitan comprobar estos posibles beneficios postparto para razas de pelo, los que han sido previamente observados en ovejas de raza de lana (Aziz and Al-Dabbagh 2008, Hashemi y col 2008, Cal-Pereyra y col 2011, Abd-Allah 2013).

Es factible mencionar que las dietas fueron formuladas con similar contenido de PC pero con diferente aporte energético, siempre considerando un consumo de alimento similar al indicado por el NRC (2007) para oveja con preñez gemelar durante el último tercio de gestación (1,6 kg de MS/d). La necesidad de formular la dieta de suplementados con 25% más de EM conllevó a que el porcentaje de

forraje en esta dieta disminuyera para incorporar mayor cantidad de ingredientes energéticos como grano de trigo y aceite de soya. Aunque en este estudio no se realizó una prueba de digestibilidad *in vivo*, es ampliamente conocido que el incremento de forrajes toscos (p.e. paja de trigo) en la dieta favorece la ingestión de fibra cruda altamente lignificada, esto repercute negativamente sobre la digestibilidad de la dieta (Jung y Allen 1995). Contrariamente, dietas ricas en granos son rápidamente degradadas por los microorganismos del rumen, reflejándose en un alto desdoblamiento del almidón y en una mayor disponibilidad de NDT, EM, ENm y ENg (Radunz y col 2011). Esta situación explica por qué sin alterar el consumo de MS las ovejas suplementadas consumieron menos FDN y FDA, pero mayor cantidad de NDT, MS digestible y las diferentes energías calculadas. No se encontraron estudios previos en ovejas de pelo para comparar estos resultados, ello sugiere la poca atención que se ha puesto para estudiar los requerimientos nutricionales de ovejas de raza de pelo durante la gestación.

Por lo demás, las ovejas suplementadas presentaron 19,6% más de eficiencia alimenticia y, en general, ganaron 18,5% más de peso vivo entre el día 100 y 145 de gestación comparado con ovejas no suplementadas. Estos resultados se atribuyeron al mayor consumo de EM en ovejas suplementadas, lo que promovió un mayor consumo de ENg para peso vivo (Cal-Pereyra y col 2011); pero no a un mayor desarrollo fetal, ya que los pesos al nacimiento de las crías fueron similares entre ovejas suplementadas y testigo.

Los resultados en la literatura de efecto de suplementación energética al final de la gestación sobre el peso al nacimiento de las crías y el estado corporal de la oveja en el pre y postparto son contradictorios. Mientras unos reportan beneficios acerca de estas variables por el uso de

suplementación (Abd-Allah 2013, Mahboub y col 2013), otros indican que no hay efectos (Aziz y Al-Dabbagh 2008, Hashemi y col 2008), o bien, los efectos son parciales (mejor peso vivo de la madre o de las crías; Cal-Pereyra y col 2011). Estas discrepancias entre resultados pueden deberse a diferentes causas, como nivel de suplementación, fuente de energía, tiempo de suplementación preparto, raza, otros. Los resultados en este estudio coinciden con las investigaciones donde los efectos fueron parciales. Interesantemente, el peso al nacimiento de las crías no fue mejorado por la suplementación energética preparto ofrecida a las ovejas, aun cuando días antes del parto (día 145) se había observado que las ovejas suplementadas presentaron alrededor de 2,0 kg más de peso vivo que las ovejas testigo. Esto sugiere que la EM extra ofrecida en la dieta fue direccionada para la formación de tejido graso o muscular de la misma madre y no para el crecimiento fetal, lo que puede ser evidenciado con los resultados de peso vivo y condición corporal registrados después del parto. Las ovejas suplementadas presentaron al parto 4,1% y 10,3% más de peso vivo y condición corporal, respectivamente, que las testigos. La incapacidad de las ovejas suplementadas de direccionar el exceso de energía consumido hacia el feto para obtener mejores pesos al nacimiento de las crías podría tener dos causas: 1) el crecimiento fetal fue limitado por la capacidad uterina como consecuencia de la gestación gemelar (Macías-Cruz y col 2012), y 2) el uso de aceite vegetal para incrementar la densidad energética de la dieta no favoreció una mayor circulación sanguínea de glucosa en la madre, siendo muy importante este sustrato energético para la nutrición y crecimiento fetal (Radunz y col 2011). Se estima que alrededor del 90% de la nutrición fetal es cubierta con glucosa y aminoácidos, mientras que solamente 10% o menos por ácidos grasos y acetato (Bell y col 2005). Así, las grasas en la dieta de rumiantes gestantes son consideradas como fuentes con bajo aporte energético en la alimentación fetal (Bell y col 2005, Van Knegsel y col 2008). En general, la productividad al parto de las ovejas de pelo no fue mejorada por la suplementación energética, ello es atribuido a que los pesos al nacimiento de las crías y la prolificidad no variaron con el régimen de alimentación.

EFFECTO DE ÉPOCA

El ambiente en que se desarrolló el estudio fue de estrés calórico en verano (31,9 °C y 77,5 unidades) y termoneutral en invierno (15,7 °C y 59 unidades), esto basado en los promedios de temperatura e ITH observado en cada época. El estrés térmico al que fueron sometidas las ovejas en verano se clasificó como ligero (72-79 unidades; Avendaño-Reyes y col 2012). Así, estas condiciones de temperaturas elevadas en verano podrían ser predisponentes del desarrollo fetal en ovejas gestantes en el último tercio (Macías-Cruz y col 2013), y afectar negativamente la productividad de las ovejas en el postparto.

Independientemente del estado fisiológico, las ovejas tienden a realizar ajustes fisiológicos, metabólicos y endocrinológicos como mecanismos de termorregulación, en busca de evitar condiciones corporales de hipertermia bajo escenarios climáticos naturales de estrés calórico. En ovejas estresadas por calor es común observar un incremento en su frecuencia respiratoria y consumo de agua con el fin de disipar la carga de calor corporal, al mismo tiempo experimentan una reducción en su consumo de alimento para disminuir la producción de calor metabólico (Marai y col 2007). De esta manera tratan de equilibrar las ganancias con las pérdidas de calor corporal y así mantener internamente condiciones de homotermia (Silanikove 2000). No obstante, si bien el estrés calórico mejora la digestibilidad de la dieta por disminuir la tasa de pasaje a nivel ruminal, la reducción en el consumo de alimento afecta negativamente el consumo de nutrientes, siendo crítico el de energía y proteína para la ganancia de peso del animal (Benabucci y col 2009). Adicionalmente, los requerimientos de ENm se incrementan como consecuencia de la activación de los mecanismos de termorregulación (Marai y col 2008). En el caso de ovejas estresadas por calor con gestación gemelar en último tercio, los requerimientos de ENm son aún mayores comparado con ovejas adultas en cualquier otro estado fisiológico, ya que aparte de requerir energía para su metabolismo y activación de mecanismos evaporativos de pérdida de calor corporal, estas ovejas tienen que distribuir un gran cantidad de nutrientes para el útero gestante (Bell y col 1989, Macías-Cruz y col 2013). En esta etapa de la gestación, el reducido espacio ruminal por el crecimiento de los fetos, el bajo consumo de alimento para reducir la producción de calor metabólico y la alta demanda de ENm, provocan un incremento en la movilización de las reservas corporales de la oveja, reflejándose en pérdidas de masa corporal y resultando en un evidente balance energético negativo al parto (Marai y col 2007). Este panorama del impacto del estrés calórico sobre ovejas gestantes explica por qué en el presente estudio las ovejas que gestaron en su último tercio durante los meses de verano presentaron un mayor consumo de agua, y menor consumo de nutrientes y energías calculadas. También fue evidente la menor ganancia de peso que presentaron las ovejas al día 145 de gestación y al parto durante la época de verano, posiblemente como resultado del menor consumo de EM y ENg. Congruente con nuestros resultados, otros estudios también reportaron efectos negativos de estrés calórico sobre el peso vivo en el preparto y después del parto en ovejas de lana (Bell y col 1989). En general, la reducción en el consumo de alimento e incremento en el consumo de agua son mecanismos de termorregulación usados por las ovejas de pelo para mantener homotermia bajo condiciones de estrés calórico de verano en regiones áridas.

El peso al nacimiento de las crías (machos y hembras) no fue afectado por las altas temperaturas de verano, lo que coincide con lo reportado por otros estudios en ovinos (Ali y Hayder 2008). Aunque contrariamente los resultados

generalmente publicados en la literatura para ovejas y otras especies reportan crías con bajo peso al nacimiento por efecto de estrés calórico (Bell y col 1989, Ocfemia y col 1993, Marai y col 2008). Bell y col (1989) describieron que las condiciones de hipertermia en ovejas preñadas provoca un retardo en el crecimiento fetal, haciéndose evidente en bajos pesos al nacimiento y alta mortalidad postnatal de las crías. Dicho problema fue asociado con un bajo desarrollo de placenta y una reducción en el flujo sanguíneo uterino. En este estudio no se evaluó desarrollo de placenta, sin embargo se observó que las placentas en verano presentaban cotiledones pequeños y algunas también fetos momificados, esto pudiera sugerir un efecto negativo del estrés calórico sobre la placenta en ovejas de pelo. Consecuentemente, una posible explicación a los resultados encontrados es que, si bien las elevadas temperaturas de verano pueden reducir la funcionalidad de la placenta, las ovejas de pelo tienen la capacidad de compensar este problema con movilizar reservas corporales y reducir el número de fetos que gesta; esto basado en los resultados de peso vivo al parto y tamaño de camada al nacimiento por efecto de época. Por otra parte, el peso de camada fue menor en verano comparado con invierno, lo que era de esperarse porque el número de crías paridas por oveja fue menor en verano (2,2 vs. 1,7 crías).

En conclusión, la suplementación energética durante el último tercio de la gestación en ovejas de pelo mejoró el consumo de MS digestible y de los diferentes tipos de energías, ello se reflejó positivamente en mayor peso vivo alrededor del parto, pero no sobre el peso al nacimiento de las crías y la productividad al parto de la oveja. Además, las elevadas temperaturas de verano afectaron negativamente el consumo de nutrientes y la ganancia de peso preparto de la oveja, lo que conllevó a una baja productividad al parto.

REFERENCIAS

- Abdalla EB, FA Ammou, MH El-Shafie, NE El-Bordeny, RM Hamida. 2012. Effect of feeding levels on the productive performance of Barki sheep. *Egyptian Journal of Sheep and Goat Science* 7, 11-15.
- Abd-Allah M. 2013. Effects of parity and nutrition plane during late pregnancy on metabolic responses, colostrum production and lamb output of Rahmani ewes. *Egyptian J Anim Prod* 50, 132-142.
- Ali A, M Hayder. 2008. Seasonal variation of reproductive performance, foetal development and progesterone concentrations of sheep in the subtropics. *Reprod Dom Anim* 43, 730-734.
- Alves AR, PMG Beelen, AN de Medeiros, SG Neto, RN Beelen. 2011. Consumo e digestibilidad do feno de sabia por caprinos e ovinos suplementados com polietilenoglicol. *Rev Caatinga* 24, 152-157.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. AOAC, Washington DC, USA.
- Avendaño-Reyes L. 2012. Heat stress management for milk production in arid zones, milk production -an up-to-date overview of animal nutrition, management and health. In: Chaiyabutr N (ed). *In Tech*, Pp 165-184.
- Aziz KO, ASS Al-Dabbagh. 2008. Effect of plane of nutrition during late pregnancy and early lactation on milk production and lambs growth of Hamadani ewes. *Jordan J Agric Sci* 4, 148-157.
- Bell AW, BW McBride, R Slepatis, RJ Early, WB Currie. 1989. Chronic heat stress and prenatal development in sheep: I. Conceptus growth and maternal plasma hormones and metabolites. *J Anim Sci* 67, 3289-3299.
- Bell AW, PL Greenwood, RA Ehrhardt. 2005. Regulation of metabolism and growth during prenatal growth. In: Burrin DG, Mersmann HJ (ed). *Biology of Metabolism in Growing Animals*. Elsevier Limited, Edinburgh, UK, Pp 7-31.
- Bernabucci U, N Lecetera, PP Danieli, P Bani, A Nardone, B Ronchi. 2009. Influence of different periods of exposure to hot environment on rumen function and diet digestibility in sheep. *Int J Biometeorol* 53, 387-395.
- Cal-Pereyra L, A Benech, S Da Silva, A Martín, JR González-Montaña. 2011. Metabolismo energético en ovejas gestantes esquiladas y no esquiladas sometidas a dos planos nutricionales. Efecto sobre las reservas energéticas de sus corderos. *Arch Med Vet* 43, 277-285.
- Freetly HC, KA Leymaster. 2004. Relationship between litter birth weight and litter size in six breeds of sheep. *J Anim Sci* 82, 612-618.
- García E. 1985. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3^a ed. Universidad Nacional Autónoma de México, México DF, Pp 46-52.
- Gardner DS, PJ Buttery, Z Daniel, ME Symonds. 2007. Factors affecting birth weight in sheep: maternal environment. *Reproduction* 133, 297-307.
- Goering HK, PJ Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses. In: Goering HK, Van Soest PJ (eds). *Agricultural Handbook 379*. Agricultural Research Service, USDA, Washington DC, USA.
- Hahn GL. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J Dairy Sci* 82, 10-20.
- Hashemi M, MJ Zamiri, M Safdarian. 2008. Effects of nutritional level during late pregnancy on colostrum production and blood immunoglobulin levels of Karakul ewes and their lambs. *Small Ruminant Res* 75, 204-209.
- Jung HG, MS Allen. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J Anim Sci* 73, 2774-2790.
- Macías-Cruz U, FD Álvarez-Valenzuela, HA Olguín-Arredondo, L Molina-Ramírez, L Avendaño-Reyes. 2012. Ovejas Pelibuey sincronizadas con progestágenos y apareadas con machos de razas Dorper y Katahdin bajo condiciones estabuladas: producción de la oveja y crecimiento de los corderos durante el período predestete. *Arch Med Vet* 44, 29-37.
- Macías-Cruz U, FD Álvarez-Valenzuela, A Correa-Calderón, R Díaz-Molina, M Mellado, C Meza-Herrera, L Avendaño-Reyes. 2013. Thermoregulation of nutrient-restricted hair ewes subjected to heat stress during late pregnancy. *J Therm Biol* 38, 1-9.
- Mahboub HDH, SGA Ramadan, MAY Helal, EAK Aziz. 2013. Effect of maternal feeding in late pregnancy on behaviour and performance of Egyptian goat and sheep and their offspring. *Global Veterinaria* 11, 168-176.
- Marai IFM, AA El-Darawany, A Fadiel, MAM Abdel-Hafez. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. *Small Ruminant Res* 71, 1-12.
- Marai IFM, AA El-Darawany, A Fadiel, MAM Abdel-Hafez. 2008. Efecto del estrés calórico sobre el comportamiento reproductivo de ovinos y métodos para reducir sus efectos. *Trop Subtrop Agroecosyst* 8, 209-234.
- Moore JE, DJ Undersander. 2002. Relative Forage Quality: An alternative to relative feed value and quality index. Proc. Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida, Gainesville, USA, Pp 16-31.
- NRC. 1985. *Nutrient requirements of Sheep*. 6th ed. National Academy Press, Washington, D.C., USA. NRC. 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. National Academy of Science, Washington, D.C., USA.
- Ocfemia GO, A Sharun, HM Miller, JHG Holmes. 1993. Reduced foetal growth and lactation by does heat-stressed from mid-pregnancy. *Small Ruminant Res* 11, 33-43.

- Radunz AE, FL Fluharty, HN Zerby, SC Loerch. 2011. Winter-feeding systems for gestating sheep I. Effects on pre- and postpartum ewe performance and lamb progeny preweaning performance. *J Anim Sci* 89, 467-477.
- Russel AJF, JM Doney, RJ Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J Agr Sci* 72, 451-454.
- SAS INSTITUTE, SAS/STAT. 2004. *User's guide statistics released 9.1*. 2nd ed. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.
- Silanikove N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants: a review. *Livest Prod Sci* 67, 1-18.
- Tatli SP, IH Cerci. 2006. Relationships between nutrient composition and feed digestibility determined with enzyme and nylon bag (*in situ*) techniques in feed sources. *Bulg J Vet Med* 9, 107-113.
- Van Kneusel ATM, H van den Brand, J Dijkstra, WM van Straalen, R Jorriema. 2008. Effect of glucogenic vs. lipogenic diets on energy balance, blood metabolites and reproduction in primiparous and multiparous dairy cows in early lactation. *J Dairy Sci* 90, 3397-3409.
- Van Soest PJ, JB Robertson, BA Lewis. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 74, 3583-3597.

