

# EFECTO DE LA SUPLEMENTACION DE GRASA DE SOBREPASO SOBRE LOS NIVELES SERICOS DE LA HORMONA DEL CRECIMIENTO Y LA ACTIVIDAD OVARICA EN CABRAS PUBERES

C. A. Meza Herrera <sup>1</sup>, D. López Arellanes <sup>1</sup> J. G. Chávez Pérches <sup>2</sup>  
H. Salinas González <sup>3</sup>, M. Mellado Bosque <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Unidad Regional Universitaria de Zonas Aridas. Universidad Autónoma Chapingo. A.P. 8, Bermejillo, Durango. México. 35230. [cmeza2000@hotmail.com](mailto:cmeza2000@hotmail.com)

<sup>2</sup> Gabinete de Radiodiagnóstico y Ultrasonografía. Allende 235 Ote. Torreón, Coahuila. 27000. México.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias.

<sup>4</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

**RESUMEN.** El objetivo del presente estudio fue evaluar, en el 2000 cabras púberes, el efecto de la suplementación de grasa de sobrepaso (FAT) sobre la actividad ovárica y los niveles séricos de la hormona del crecimiento (GH). Cabras (n=21) con peso corporal (BW) de 21.3±0.45 kg y siete meses de edad, recibieron uno de dos niveles de suplementación de grasa de sobrepaso: 1). Sin Grasa (SG, 0 g cabra día<sup>-1</sup>), o 2). Con Grasa (CG, 40 g cabra día<sup>-1</sup>; equivalente a 0.256 Mcal NE) durante un período de 28-d pre and 14-d post-ovulación. Las cabras tuvieron acceso a agua, sales minerales y una dieta basal de heno de alfalfa (2.0% BW, 14.6% PC), bajo condiciones naturales de fotoperíodo (25° LN). Una vez sincronizadas con una agente luteolítico, se colectaron muestras de sangre el d-18 después de la ovulación a intervalos de 15 min durante un período de 6-h para evaluar las concentraciones séricas de GH, el área bajo la curva (AUC) y su pulsatilidad (PULSE). Hacia el d-15 post-ovulación, tanto el número de folículos (TF), cuerpos lúteos (CL) y la actividad ovárica total (OA) fueron determinados mediante rastreo ultrasonográfico transrectal. Los promedios globales para TF, CL y OA fueron 2.28, 0.9, y 3.14, respectivamente. Ninguna de las estructuras ováricas (TF, CL o OA) difirieron (P>0.05) entre los dos niveles de suplementación de grasa sobrepasante. El promedio global de GH en suero fue 18.6 ng ml<sup>-1</sup>; sin embargo, ni el AUC o la PULSE de dicha hormona fueron afectadas (P>0.05) por el nivel de suplementación de grasa. Los resultados sugieren que la partición de los nutrientes pudo haber privilegiado la tasa de crecimiento en cabras púberes, en vez de optimizar la actividad del eje hipotálamo-hipofisario-ovárico. Dicho escenario parece delinear una efectiva estrategia metabólica ejercida por cabras púberes que aseguran que los recursos energéticos puedan ser dirigidos hacia actividades reproductivas que muestran una baja probabilidad de ser fisiológicamente exitosas en dicha etapa de desarrollo.

**Palabras clave:** Cabras, suplementación energética, GH sérica, actividad ovárica, eficiencia reproductiva.

**SUMMARY.** Aim of this study was to evaluate, in pubertal goats, the effect of fat by-pass supplementation (FAT) on ovarian activity and serum growth hormone (GH) concentration. Goats (n=21) with 21.3±0.45 kg body weight (BW) and 7 months old, received one of two fat by-pass supplementation levels: Low (LFAT, 0 g goat day<sup>-1</sup>) or High (HFAT, 40 g goat day<sup>-1</sup>; equivalent to 0.256 Mcal NE) during a 28-d pre and 14-d post-ovulation period. Goats had access to water, shades, mineral salts and a basal diet of alfalfa hay (2.0% BW, 14.6% CP), under natural photoperiod (25° NL). Upon estrous synchronization, blood samples were collected on d-18 at 15-min intervals during a 6-h period to evaluate GH area under the curve (AUC) and pulsatility (PULSE). On d-15 post-ovulation, both follicular and corpus luteum number were determined by transrectal ultrasonographic scanning. Overall averages for total follicles (TF), corpus luteum (CL) and total ovarian activity (OA) were 2.28, 0.9, and 3.14, respectively. Neither TF, nor CL or OA were affected (P>0.05) by fat supplementation level. Overall GH average was 18.6 ng ml<sup>-1</sup>; neither AUC nor PULSE were affected (P>0.05) by FAT level. Results suggest that nutrient partitioning could had privileged body growth processes in pubertal goats, instead of optimizing the activity of the hypothalamic-hypophyseal-ovarian axis. The last scenario seems to delineate an effective metabolic strategy exerted by pubertal goats which assures that energetic resources would not be diverted toward reproductive functions that depict a low probability to be physiologically successful in this growing phase.

**Key words:** Goats, energy supplementation, serum GH, ovarian activity, reproductive efficiency.

## INTRODUCCION

El límite superior de prolificidad está determinado genéticamente y depende del número de

óvulos liberados durante el proceso de la ovulación (Abdennebi *et al.*, 1999). El grado de expresión del potencial genético para dicha característica está influenciado por factores ambientales, siendo uno de

estos el estado nutricional (Downing y Scaramuzzi, 1991). En efecto, la restricción de alimento está asociada no sólo a una reducción en la tasa de crecimiento sino a una depresión en la función reproductiva. Lo anterior es resultado de alteraciones en la liberación de hormonas por parte de la hipófisis anterior (Robinson, 1990).

Una depresión en la función endócrina durante periodos de subnutrición, demora la pubertad en animales jóvenes y reduce la eficiencia reproductiva en animales adultos (Smith, 1985; Sisk y Bronson, 1986; Smith, 1988). Los mecanismos bajo los cuales la nutrición afecta la función de la hipófisis involucran al sistema nervioso central así como la secreción de factores liberadores e inhibidores por parte del hipotálamo. Estos factores posiblemente actúan en la modulación de la síntesis y secreción de las hormonas de la pituitaria anterior (Thomas *et al.*, 1990; Schillo, 1992).

Una subnutrición puede ejercer efectos nocivos en la reproducción de la hembra, actuando ya sea al nivel del ovario, la glándula pituitaria anterior o el hipotálamo. La restricción de energía en la dieta suprime la liberación episódica de LH. Una alta frecuencia en el modo pulsátil de secreción de LH es indispensable durante la fase final de maduración de los folículos ováricos así como para la inducción del estro y la ovulación (Smith, 1985; Sisk y Bronson, 1986; Teleni y Rowe, 1986; Smith, 1988; Schillo, 1992). La hormona del crecimiento (GH) es una hormona cuyas acciones afectan el metabolismo de proteínas, carbohidratos y grasas, e impacta el balance energético del animal (Deaver y Bryan, 1999). En ruminantes, la GH estimula la lipólisis, incrementando la disponibilidad de glucosa para su utilización por el cerebro, la placenta durante la preñez, la glándula mamaria durante la lactancia y otras acciones metabólicas y promotoras del crecimiento en

diversos tejidos y órganos, incluyendo las gónadas (Scaramuzzi *et al.*, 1999).

Según Deaver y Bryan (1999), la GH tiene el potencial acutar sobre la actividad ovárica al afectar 1). El desarrollo folicular, 2). La esteroidogénesis folicular, 3). El número de folículos preovulatorios, 5). La calidad del oocito, y 5). La luteogénesis y la función lútea. En el mismo sentido, se ha demostrado una reducción en la incidencia de apoptosis en estudios *in vitro* en células de la granulosa tratadas con GH (Sirotkin y Makarevich, 2002). Los objetivos planteados en este trabajo fueron determinar las concentraciones séricas de la hormona del crecimiento (GH) en cabras púberes con o sin suplementación de grasa de sobrepeso y determinar su posible relación con la actividad ovárica.

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se llevó a cabo en la Unidad de Experimentación Caprina Sur, de la URUZA-Universidad Autónoma Chapingo, localizada en el municipio de Tlahualilo, Durango. La Unidad se localiza entre las coordenadas UTM 639935 E y 2864331 N (Universal Transversa Mercator), correspondiendo a las coordenadas geográficas 103° 36' 11" de longitud al oeste del meridiano de Greenwich y entre los 25° 53' 32" de latitud norte, a una altura de 1,117 msnm. Las características climáticas presentes en esta área son: clima seco BW, cálido, con lluvias en verano, y oscilación térmica muy extremosa. La precipitación promedio anual es de 217.1 mm. El mes más cálido es Junio con temperaturas arriba de los 40°C y el mes más frío es Enero con temperaturas mínimas de -4°C; la temperatura media anual es de 22.3°C.

**Formación de grupos experimentales.** En Febrero de 1999 se recibieron 24 cabritas destetadas

**Cuadro 1.** Análisis bromatológico de la alfalfa henificada ofrecida como dieta base durante la formación de grupos experimentales, y durante el período experimental.

Determinación	Porcentaje
Proteína Cruda	14.6
Grasa	5.0
Fibra Cruda	32.8
Extracto Libre de Nitrógeno	30.5
Humedad	6.3
Cenizas	10.8

con dos meses de edad y un peso promedio de  $11.8 \pm 2.6$  kg. A partir de esta fecha, y por un lapso aproximado de siete meses, las cabras fueron alimentadas con alfalfa (*Medicago sativa*) henificada ad libitum (Cuadro 1), además de 50 g de soya y 50 g de maíz roado cabra día<sup>-1</sup>. Dicha suplementación fue incrementada gradualmente en un lapso de cuatro semanas hasta llegar a 100 g de soya y 100 g de maíz roado. Posteriormente, dos semanas previas al inicio del período experimental, las cabras recibieron una dieta basal de alfalfa henificada, con composición promedio de 12 % de PC y 1.4 Mcal de EM kg<sup>-1</sup> MS, ofrecida en cantidades suficientes para cubrir el 100 % de los requerimientos de mantenimiento (NRC, 1988).

**Diseño de tratamientos.** Las cabras (n=21) fueron asignadas aleatoriamente a uno de doce corrales. Posteriormente, los corrales fueron asignados a uno de dos tratamientos experimentales: 1) con suplementación de 40 g grasa de sobrepaso (**CGS-P**) (**MEGALAC**®) por cabra por día, equivalentes a 0.256 Mcal Energía Neta para Crecimiento, y 2) sin suplementación de grasa de sobrepaso (**SGS-P**). Las cabras fueron distribuidas considerando seis corrales por tratamiento, con una o dos cabras por corral, y continuaron con su dieta base de heno de alfalfa durante el período experimental de 45 días.

Los grupos experimentales fueron alimentados dos veces al día: heno por la mañana (0700) y suplementación por la tarde (1800), bajo condiciones naturales de luz. Agua y sobra estuvieron disponibles durante todo el período experimental, el cual considero de 30 días antes y 15 días después de la ovulación. Se consideró un diseño completamente al azar con dos niveles de suplementación de grasa de sobrepaso (con y sin). El efecto de ofrecer dos niveles de suplementación de grasa de sobrepaso sobre la actividad ovárica y el perfil sérico de hormona del crecimiento fueron evaluados.

**Inducción del estro.** Ocho días después de iniciada la fase experimental (29 de Septiembre), las cabras fueron sincronizadas mediante la aplicación de una primera dosis de 0.9 mL de luprositol (Prosolvín<sup>®</sup>), equivalente a 0.8 mg cabra<sup>-1</sup>. Dicho fármaco es un análogo a la prostaglandina F<sub>2a</sub>, aunque su actividad luteolítica está aumentada. Aplicada entre los días 5 y 17 del ciclo estral produce una disminución de las concentraciones de progesterona (P4) a menos de 1 ng mL<sup>-1</sup> durante las primeras 24 h posteriores a su administración. Al reducirse los niveles de P4, se promueve un incremento en los niveles de estradiol así como de LH, seguido de la presentación de estro mas un pico de LH en los siguientes 2 a 5 días, desencadenando la ovulación. La segunda aplicación de luprositol se realizó el 11 de Octubre.

**Muestreo sanguíneo.** Una vez ocurrida la primera ovulación, se dejaron transcurrir 18 días (Octubre, 31); ya en fase lútea, en forma aleatoria fueron seleccionadas seis cabras por tratamiento, una cabra por corraleta (n=12) para realizar un muestro intensivo de sangre. Las muestras sanguíneas fueron colectadas de cada cabra mediante punción de la vena yugular utilizando agujas estériles de 0.8x38 mm (Becton Dickinson and Company, Franklin Lakes) y tubos colectores estériles Vacutainer de 10 ml (Corvac, Sherwood Medical, St. Louis, MO), a intervalos de 15 minutos por un período de seis horas.

Una vez en el laboratorio, la muestra se dejó reposar a temperatura ambiente por un lapso de 30 minutos hasta que ocurriera la retracción del coágulo. La muestra fue centrifugada (1,500 x g, 15 minutos); el suero colectado y con su réplica fueron vertidas en tubos de polipropileno de 1.5 ml, y almacenados a -20°C. En total se colectaron 25 muestras por cabra, 150 muestras por tratamiento, con un total de 300 muestras originales de suero.

Todas las muestras de suero colectadas durante el sangrado intensivo fueron evaluadas por su contenido de GH mediante radioinmunoanálisis según los procedimientos señalados por Hoefler y Hallford (1987). El coeficiente de variación (C.V.) intra-ensayo fue del 16%. La pulsatilidad de GH fue determinada mediante el Programa Cluster para Análisis de Pulsos, considerando un C.V. de 16.2%, una desviación estándar de 0.95, y un límite de detección de 2.15 ng (Veldhuis y Johnson, 1986).

**Actividad ovárica.** El día 14 de noviembre se evaluó la tasa ovulatoria mediante la técnica de ultrasonido. Previo al análisis ultrasonográfico, las cabras fueron colocadas en una mesa de recumbencia dorsal, y sujetadas a la mesa de los miembros anteriores y posteriores. Se utilizó un equipo Toshiba Medical Systems, Ltd, Crawley, UK con un transductor de rastreo lineal de 7.5 Mhz para uso veterinario. Se aplicó gel obstétrico (Lubrel, Arnolds Veterinary Products, Ltd. USA) al transductor, el cual se colocó dentro de un guante de látex estéril aplicando nuevamente gel obstétrico fuera del guante como lubricante.

Con objeto de manipular el transductor desde la parte externa del animal, el transductor fue sujetado con ligas plásticas a un bastón de madera de 50 cm de longitud y 2.0 cm de diámetro. El transductor se introdujo en el recto del animal, avanzándolo hasta la línea media del recto, con el cristal del transductor dirigido hacia la parte ventral del animal hasta que la vejiga y el útero fueran identificados con la técnica

transrectal con imagen ultrasónica (Griffin y Ginther, 1992). Una vez localizadas ambas estructuras, una serie de rotaciones bilaterales fueron realizadas, mientras que el cristal del transductor se movía en dirección caudal hasta que ambos ovarios fueron localizados.

Debido a los movimientos de la cabra, el movimiento generado en el tracto reproductivo dificultó el posicionar los ovarios en la parte media-lateral del útero. En dichos casos, los ovarios fueron identificados por la posición relativa de uno con respecto al otro (Dickie *et al.*, 1999). Todas las evaluaciones ultrasonográficas, fueron realizadas por un experimentado radiólogo, quien desconocía cualquier información previa de la cabra o del tratamiento a la que fue expuesta. El número y tipos de estructuras identificadas en ambos ovarios, a saber, el número de folículos mayores y menores a cinco milímetros, folículos totales, así como número y diámetro de cuerpos lúteos presentes, fueron registrados y fotografiadas.

**Análisis estadísticos.** Los cambios en peso corporal, diámetros del ovario y la actividad ovárica considerando el número y área de folículos y cuerpos lúteos, fueron evaluados mediante un ANOVA dentro de un diseño completamente al azar (Snedecor y Cochran, 1967). Las concentraciones séricas de la GH

fueron evaluadas mediante un ANOVA con un diseño completamente al azar con un arreglo de parcelas divididas para muestras repetidas en el tiempo (Gill y Hafs, 1971). Los efectos principales y la interacción fueron incluidos en la parcela mayor, usando el término cabra dentro de tratamiento para calcular el error. El tiempo de muestreo y las interacciones de tratamientos por tiempo fueron incluidos en la parcela menor. Todos los análisis fueron realizados utilizando los procedimientos del SAS (1988).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Pesos vivos, población folicular, tasa ovulatoria y actividad ovárica total.** En el Cuadro 2 se concentran las medias de mínimos cuadrados y el error estándar de los pesos vivos observados al inicio del periodo de adaptación, así como al inicio y final del periodo experimental en las cabras bajo estudio. El peso vivo global en las cabras en estudio fue del orden de los  $21.3 \pm 0.29$ .

Las medias mínimo cuadráticas para folículos totales (FT), cuerpos lúteos totales (CLT) y actividad ovárica total (AOT) son reportados en el Cuadro 2. Los promedios globales para FT, CLT y AOT fueron 2.28, 0.9 y 3.14, respectivamente. Ninguna de las tres variables en estudio difirieron ( $P > 0.05$ ) entre los dos

**Cuadro 2.** Medias de mínimos cuadrados para peso vivo (kg) al inicio y final del periodo de formación de grupos experimentales, así como al final del periodo experimental en cabras púberes de la Comarca Lagunera

Períodos	Julio, 26	Septiembre, 15	Noviembre, 14
Peso Vivo, (kg)	20.2	22.3	21.3
Error estándar	<u>0.51</u>	<u>0.57</u>	<u>0.37</u>

**Cuadro 3.** Medias de mínimos cuadrados para folículos totales (FT), cuerpos lúteos totales (CLT) y actividad ovárica total (AOT) en cabras consumiendo dos niveles de grasa de sobrepeso suplementaria

Variables	Nivel de Grasa <sup>1</sup>		NSO	EE <sup>4</sup>
	Baja	Alta		
FT	1.90	2.63	0.357	0.5
CLT	1.30	0.50	0.060	0.3
AOT	3.20	3.03	0.807	0.4

<sup>1</sup> Nivel de grasa: Bajo (0 g cabra<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), Alto (40 g cabra<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>)

<sup>2</sup> EE, error estándar de medias de mínimos cuadrados más conservador

<sup>3</sup> Nivel de significancia observado.

niveles de grasa sobrepasante. Con respecto al nivel de grasa ofrecido, la tendencia observada sugiere que al no haber un efecto de la suplementación energética, posiblemente la respuesta animal en términos de AOT, esté más relacionada con la historia nutricional de la cabra que el nivel de nutrición actual.

Al respecto Scaramuzzi y Radford (1983) mencionaron que las hembras pueden responder a cambios de corto tiempo en la disponibilidad de proteína y energía con un incremento en ovulaciones dobles, particularmente cuando las hembras muestran un pobre estado metabólico. En contraparte, varios autores han reportado una relación positiva entre niveles de energía y actividad ovárica, independientemente del nivel de proteína consumido. Sin embargo, la mayoría de los estudios fueron realizados en hembras adultas quienes no mostraron competencia en la distribución de nutrientes entre necesidades de crecimiento y eficiencia reproductiva, un escenario que posiblemente ocurrió en el presente estudio.

**Niveles séricos de Hormona del Crecimiento.** Los valores séricos de GH, considerando el área bajo la curva (AUC) y la pulsatilidad (PULSE), así como la AOT son reportados en el Cuadro 3. Los valores promedio globales para AOT fue de 3.14 y de 18.6 ng mL<sup>-1</sup> para GH. Los resultados del presente estudio muestran que las concentraciones séricas de GH, considerando concentración sérica, pulsatilidad y área bajo la curva no difirieron ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos. Sin embargo, los niveles séricos de GH en el presente estudio pueden considerarse elevados; una posible razón puede ser la edad de las cabras evaluadas quienes contaban con ocho meses. En mamíferos, la etapas jóvenes registran los niveles séricos más altos de GH, lo cual contribuye al arranque del crecimiento ya que la prioridad metabólica en dicha etapa considera el aumento en la tasa de crecimiento enfocada al desarrollo de tejidos óseo y muscular (Foster et al., 1989; Frohman et al., 1992; Hedge et al., 1987).

Dicha situación pudo haber dejado en segundo plano la maduración y funcionalidad completa del eje hipotálamo-hipofisiario-gonadal en las cabras púberes evaluadas. En efecto, las concentraciones elevadas de GH coinciden con la etapa de la pubertad en las cabras, esto sucedió independientemente del nivel de suplementación de grasa de sobrepaso. Lo anterior es contrario a lo reportado por Thomas *et al.* (1990) con ovejas bajo restricción alimenticia la cual estuvo asociada ( $P < 0.01$ ) a un aumento en la concentración plasmática de GH así como a la amplitud de pulso de GH.

En el presente estudio, el incremento en los niveles energéticos en cabras púberes no afectó la expresión de la actividad reproductiva, en específico la AOT. Dicha respuesta se puede atribuir a la función que desempeña la GH en cada una de las etapas de crecimiento en los animales, y particularmente en la hembra. Mientras que en animales jóvenes favorece el crecimiento, en animales adultos interviene incrementando la actividad ovárica, específicamente en la fase folicular, en conjunto con otros compuestos biológicos como la insulina y los factores de crecimiento análogos a insulina (IGF's). Los cambios en GH, receptores de GH y los IGF-I pueden ser influenciados por el nivel nutricional, independientemente de las concentraciones séricas de gonadotropinas, y por lo tanto son probables moduladores de la función ovárica (Chase *et al.*, 1998).

Sin embargo, los mecanismos involucrados en el efecto de la GH sobre la actividad ovárica no son del todo claros. Deaver y Bryan (1999) sugirieron que los efectos de GH sobre la eficiencia reproductiva pueden ser ejercidos directamente a nivel ovárico ya que la producción localizada de los IGF's puede mediar los efectos sistémicos de GH. En efecto, una vez aumentados los niveles intarováricos de IGF, éstos pueden actuar como una co-gonadotropina al tener la

**Cuadro 4.** Medias de mínimos cuadrados para el área bajo la curva (AUC), número de pulsos cada 6 horas (PULSE) y actividad ovárica total (AOT) en cabras consumiendo dos niveles de grasa de sobrepaso suplementaria <sup>1</sup>

Variables	Nivel de Grasa <sup>1</sup>		NSO	EE <sup>4</sup>
	Baja	Alta		
AUC	6416.0	7055.6	0.14	298.3
PULSE	1.50	1.40	0.87	0.4
AOT	3.20	3.03	0.80	0.4

<sup>1</sup> Nivel de grasa: Bajo (0 g cabra<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>), Alto (40 g cabra<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>)

<sup>2</sup> EE, error estándar de medias de mínimos cuadrados más conservador

<sup>3</sup> Nivel de significancia observado.

capacidad de amplificar los efectos tanto de FSH como de LH sobre la función ovárica.

Por lo tanto, cambios nutricionales que afecten la secreción y concentración de GH e IGF-I, pueden estar íntimamente relacionados a la disminución en la función ovárica, particularmente en animales fisiológicamente maduros. En efecto, las elevadas concentraciones séricas de GH observados en el presente estudio posiblemente se deban a una baja expresión de receptores para GH en las células de la granulosa. Dicha situación afecta la concentración intraovárica de IGF-I, lo cual al estar relacionados con el desarrollo folicular, pudieran provocar una disminución en el número de folículos maduros a ovular y finalmente la actividad ovárica total. Se sabe que la GH está relacionada con la AOT al actuar en la fase folicular del ciclo estral mediante las acciones de IGF-I. Por lo tanto, bajos niveles séricos de GH pueden favorecer concentraciones incrementadas de IGF-I e insulina, expresándose una mayor AOT. Sin embargo, dicho escenario fisiológico sólo ocurre en animales adultos, y de esta forma los altos niveles nutricionales semanas antes del empadre favorecen de manera notable la utilización de dicho superavit energético expresándose con una incrementada actividad ovárica y ovulatoria.

### CONCLUSIONES

El promedio del peso vivo de las cabras púberes al inicio y el final del periodo experimental fue  $22.3 \pm 0.57$  y  $21.3 \pm 0.37$  kg, respectivamente. El nivel de grasa sobrepasante suplementado no afectó ( $P > 0.09$ ) la expresión del número de folículos totales (FT), cuerpos lúteos totales (CLT) y la actividad ovárica total (AOT). Los valores promedio para dichas variables fueron 2.28 FT, 0.9 CL, y 3.14 AOT. El valor promedio de la hormona del crecimiento (GH) fue  $18.6 \text{ ng mL}^{-1}$  y no fue afectado por el nivel de suplementación de grasa sobrepasante ( $P = 0.14$ ). Los niveles séricos de GH no estuvieron relacionados a una mayor actividad folicular. Los resultados sugieren que la partición de los nutrientes privilegió el desarrollo corporal en vez de eficientar la actividad del eje hipotálamo-hipofisiario-ovárico. En efecto, los niveles de GH durante la fase folicular no estuvieron asociados con incrementos en la actividad ovárica de cabras púberes. Dicho escenario parece delinear una estrategia metabólica efectiva ejercida por parte de la cabra púber para asegurar que los recursos energéticos recibidos no sean dirigidos hacia funciones reproductoras que muestran una baja probabilidad de ser fisiológicamente exitosas en dicha etapa de crecimiento. Futuras estrategias nutricionales dirigidas hacia un mejor comportamiento del sistema reproductivo expresado en el aumento de la tasa ovulatoria deberán ser evaluados, preferentemente, en animales adultos.

### LITERATURA CITADA

- Abdennebi L., P. Monget, C. Pisselet, J. Remy, R. Salesses and D. Monniaux. 1999. Comparative expression of luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone receptors in ovarian follicles from high and low prolific sheep breeds. *Biol. Reprod.* 60:845-854.
- Chase C.C., C. J. Kirby, A. C. Hammond, T. A. Olson and M. C. Lucy. 1998. Patterns of ovarian growth and development in cattle with a growth hormone receptor deficiency. *J. Anim. Sci.* 76:212-219.
- Deaver, D. R., and K.A. Bryan. 1999. Effects of exogenous somatotropin (ST) on gonadal function in ruminants and swine. *Domest. Anim. Endocrinol.* 17:287-297.
- Dickie A. M., C. Paterson, L. M. Anderson and J. S. Boyd. 1999. Determination of corpora lutea numbers in Booroola-Texel ewes using transrectal ultrasound. *Theriogenology.* 51:1209-1224.
- Downing J. A. and R. J. Scaramuzzi. 1991. Nutrient effects on ovulation rate, ovarian function and the secretion of gonadotrophic and metabolic hormones in sheep. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 43:209-227.
- Foster D. L., F. J. P. Ebling, A. F. Micka, L. A. Vannerson, D. C. Bucholtz, R. I. Wood, J. M. Sutties and D. E. Fenner. 1989. Metabolic interfaces between growth and reproduction. I. Nutritional modulation of gonadotropin, prolactin, and growth hormone secretion in the growth-limited female lamb. *Endocrinology.* 125:342-350.
- Frohman L. A., T. R. Downs and P. Chomczynski. 1992. Regulation of growth hormone secretion. *Front. Neuroendocrinol.* 13(4):344-405.
- Gill J. L. and H. D. Hafs. 1971. Analysis of repeated measurements in animals. *J. Anim. Sci.* 33:331-336.
- Griffin P. G. and O. J. Ginther. 1992. Research applications of ultrasonic imaging in reproductive biology. *J. Anim. Sci.* 70:953-972.
- Hedge A. G., D. H. Colby and L. R. Goodman. 1987. *Clinical endocrine physiology.* W.B. Saunders Company. Part III, Chapter 9.
- Hoefler W. C. and S. M. Hallford. 1987. Influence of suckling status and type of birth on serum hormone profiles and return to estrus in early-postpartum spring-lambing ewes. *Theriogenology.* 27:887-895.
- Houseknecht K. L., D. L. Boggs, D. R. Campion, J. L. Sartin, T. E. Kiser, G. B. Rampacek and H. E. Amos. 1988. Effect of dietary energy source and level on serum growth hormone, insulin-like growth factor-I, growth and body composition in beef heifers. *J. Anim. Sci.* 66:2916-2923.
- Kile J. P., B. M. Alexander, G. E. Moss, D. M. Hallford and I. M. Nett. 1991. Gonadotropin-releasing hormone overrides the negative effect of reduced dietary energy on gonadotropin synthesis and secretion in ewes. *Endocrinology.* 128(2):843-849.
- NRC. 1981. Nutrient requirements of goats: Angora, dairy and meat goats in temperate and tropical

- countries. 1<sup>st</sup> Ed. National Academy Press. Washington. USA.
- Robinson J. J. 1990. Nutrition in the reproduction of farm animals. *Nutr. Res. Dev.* 3:253-276.
- SAS. 1988. SAS/STAT user's guide. (Release 6.03). SAS Institute, Inc. Cary, NC. USA.
- Scaramuzzi R. J. and H. M. Radford. 1983. Factors regulating ovulation rate in the ewe. *J. Reprod. Fert.* 69:353-367.
- Scaramuzzi R. J., J.F. Murray, J.A. Downing, and B.K. Campbell. 1999. The effects of exogenous growth hormone on follicular steroid secretion and ovulation rate in sheep. *Dom. Anim Endocrinol* 17:269-2777.
- Schillo K. K. 1992. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 70:1271-1282.
- Sirotkin A.V., and A.V. Makarevich. 2002. Growth hormone can regulate functions of porcine ovarian granulosa cells through the cAMP/protein kinase-A system. *Anim. Reprod. Sci.* 70:111-126.
- Sisk C. L. and F. H. Bronson. 1986. Effects of food restriction and restoration on gonadotropin and growth hormone secretion in immature male rats. *Biol. Reprod.* 35:554.
- Smith J. F. 1985. Protein, energy and ovulation rate. In 'genetics of reproduction in sheep'. (Eds R. B. Land and D.W. Robinson). Ch. 34. pp 349-359.
- Smith J. F. 1988. Influence of nutrition on ovulation rate in the ewe. *J. Biol. Sci.* 41:27-36.
- Snedecor G. W., and W. G. Cochran. 1967. *Statistical Methods.* (6<sup>th</sup> Ed.). The Iowa State Univ. Press, Ames. USA.
- Teleni E. and J. B. Rowe. 1986. Ovulation rate of ewes, role of energy and protein. *J. Agric., Western Australia.* 27:35-37.
- Thomas G. B., J. E. Mercer, T. Karalis, A. Rao, J. T. Cummins and I. J. Clarke. 1990. Effect of restricted feeding on the concentrations of growth hormone (GH), gonadotropins, and prolactin (PRL) in plasma, and on the amounts of messenger ribonucleic acid for GH, gonadotropin subunits, and PRL in the pituitary glands of adult ovariectomized ewes. *Endocrinol.* 126:1361-1367.
- Veldhuis J. D. and M. L. Johnson. 1986. Cluster analysis: a simple versatile, and robust algorithm for endocrine pulse detection. *Am. J. Physiol.* 250:E486-E493.

