

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION DE PROTEINA DE SOBREPASO SOBRE LA ACTIVIDAD OVARICA EN CABRAS EN CONDICION CORPORAL DIVERGENTE

EFFECT OF BY-PASS PROTEIN SUPPLEMENTATION UPON OVARIAN ACTIVITY IN GOATS DIVERGENTLY BODY CONDITIONED

C. A. Meza Herrera^{1,3}, R. A. Cuevas Jázquez¹, J. G. Chávez Perches²,
H. Salinas González y J. Urrutia Morales³

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo.
A.P. 8, Bermejillo, Durango. México. 35230.

²Gabinete de Radiodiagnóstico y Ultrasonografía. Torreón, Coahuila.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

RESUMEN. Se evaluó en el 2002 la relación entre la suplementación de proteína sobre los niveles séricos de hormona luteinizante (LH), hormona del crecimiento (GH) y actividad ovárica en cabras en condición corporal (CC) divergente en la Comarca Lagunera (25° LN). Cabras en CC baja (BCC, n=16; PV=28.7±1.0 kg) ó Alta (ACC, n=16; PV=38.4±1.0 kg) recibieron uno de dos niveles de proteína no degradable en rumen: Sin (SP, 0 g cabra d⁻¹) y Con (CP, 125 g cabra d⁻¹) durante 40-d preovulación. Las cabras recibieron agua, sombra, sales minerales y una dieta basal de heno de alfalfa (2.0% PV, 14.6% PC). Una vez sincronizado el estro, durante la fase lútea tardía del segundo ciclo estral la actividad ovárica fue evaluada mediante ultrasonografía transrectal considerando los folículos totales (FT), cuerpos lúteos totales (CLT) y actividad ovárica total (FT+CLT=AOT). Durante la fase folicular previa al segundo ciclo estral. Se realizó un muestreo intensivo de sangre durante 6 h a intervalos de 15 min para determinar los niveles séricos de GH y LH. Los promedios generales para FT, CLT y la AOT fueron 2.3, 2.3 y 4.6, respectivamente. Mientras que las cabras en CCA mostraron los mayores valores para CLT (P=0.01) y AOT (P=0.01), las cabras suplementadas mostraron mayor número de FT (P=0.04), CLT (P=0.06) y AOT (P=0.01). Los valores séricos promedio de GH y LH fueron 8.4 y 8.3 ng ml⁻¹ respectivamente, sin embargo, ni los valores séricos, ni el área bajo la curva, ni el número de pulsos observados durante 6 h, difirieron (P>0.05) entre tratamientos. El efecto positivo mostrado tanto en buena condición corporal (efecto estático) como la suplementación de proteína sobrepasante (efecto dinámico) sobre la actividad ovárica, no fue acompañado por diferencias en los niveles séricos de GH y LH. Dicho escenario fisiológico sugiere que la actividad ovárica fue positivamente afectada por una ruta no dependiente de GnRH, específicamente de LH, o por cambios en el estado metabólico, considerando a la GH como principal indicador metabólico.

PALABRAS CLAVE: Cabras, condición corporal, proteína sobrepasante, actividad ovárica.

ABSTRACT. The possible relationship among protein supplementation on serum concentration for luteinizing hormone (LH), growth hormone (GH) as well as ovarian activity in goats with divergent body condition in the Comarca Lagunera (25° LN) was evaluated. Goats in low (BCC, n=16; BW=28.7±1.0 kg) or high body condition (ACC, n=16; BW=38.4±1.0 kg) received one of two levels of rumen undegradable protein: Without (SP, 0 g goat d⁻¹) or With (CP, 125 g goat d⁻¹) during 40-d prior to ovulation. Goats received water, shade, mineral salts and a basal diet of alfalfa hay (2.0% BW, 14.6% CP). Once goats were estrually synchronized, during the late luteal phase of the second estrous cycle ovarian activity was evaluated by transrectal ultrasonographic scanning considering total follicle number (FT), total corpus luteum number (CLT) and total ovarian activity (FT+CLT=AOT). During the late follicular phase prior the second estrus, an intensive blood sampling was performed at 15 min interval during a 6-h period to evaluate serum GH and LH concentrations. Overall means for FT, CLT and AOT were 2.3, 2.3 and 4.6, respectively. While the CCA-goats depicted the largest values for CLT (P=0.01) and AOT (P=0.01), protein supplemented goats had the largest number for FT (P=0.04), CLT (P=0.06) and AOT (P=0.01). Overall means for GH and LH were 8.4 and 8.3 ng mL⁻¹ respectively, however, neither serum hormone concentrations, nor area under the curve, nor the number of pulses depicted during the 6-h period differed (P>0.05) among treatments. The positive effect generated by a good body condition (static effect) as well as by the supplementation of by-pass protein (dynamic effect) upon ovarian activity was not accomplished by differences in serum GH and LH concentrations. This physiological scenario suggests that ovarian activity was positively affected by a non-dependent GnRH pathway, specifically LH, or by changes in the metabolic state, considering to GH as the main metabolic signal.

KEY WORD: Goats, body condition, by-pass protein, ovarian activity.

INTRODUCCIÓN

La cabra, al igual que la oveja y contrario a la vaca, tiene el potencial de presentar ovulaciones múltiples, pero esta habilidad puede ser afectada por una nutrición inadecuada. Mientras que los efectos de una sobrealimentación por más de tres semanas sobre la tasa ovulatoria son mediados a través de una mejora en la condición corporal, períodos cortos de sobrealimentación pueden modificar directamente las secreciones hormonales, sin alterar significativamente la condición corporal o el peso vivo (Landau *et al.*, 1996).

Algunos autores proponen que la función endócrina es reducida durante períodos de subnutrición, demorando la pubertad en animales jóvenes y reduciendo el comportamiento reproductivo en animales adultos (Smith, 1985; Sisk y Bronson, 1986; Smith, 1988). Los mecanismos bajo los cuales la nutrición afecta la función hipofisiaria 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). Los efectos de condición corporal y suplementación pueden ser identificados separadamente; sin embargo, se requiere de una mayor disponibilidad de información sobre prácticas de alimentación para este fin (Landau *et al.*, 1996).

Dado que la tasa ovulatoria (TO) es uno de los componentes que definen el número de cabritos nacidos por cabra empadrada, se ha propuesto que cambios en la condición corporal pueden promover cambios en el perfil endocrino de ciertas hormonas metabólicas que afectan la síntesis y(o) liberación de hormonas gonadotrópicas. En el mismo sentido, dichos cambios nutricionales pueden generar cambios en la sensibilidad del ovario a ciertas influencias endocrinas (LH, FSH), autocrinas y(o) paracrinas de ciertos factores de crecimiento que influyen en el desarrollo folicular y repercuten en la TO.

El objetivo del presente estudio fue determinar las condiciones corporales divergentes en cabras con o sin suplementación de proteína no degradable en rumen sobre el perfil endocrino considerando las concentraciones séricas de la GH y LH, y definir su posible relación con la actividad ovárica medida como folículos totales (FT), cuerpos luteos totales (CL) y actividad ovárica total (AOT).

MATERIAL Y METODOS

Localización del experimento

La investigación se llevó a cabo en la Unidad de Experimentación Caprina sur, en la Unidad Regional

Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Esta Unidad se encuentra en las coordenadas geográficas 103° 36' 11" LO y los 25° 53' 32" LN, a una altura de 1117 msnm. El clima es seco semidesértico extremoso. La temperatura y precipitación media anual es de 20°C, y 222.2 mm, respectivamente (García, 1981).

Grupos experimentales

En Julio del 2002, se recibieron 32 cabras con 19 meses de edad, encastadas hacia Alpinas y Nubias. A partir de esta fecha, el período de adaptación tuvo una duración de 40 días. Se registró el peso corporal al inicio del experimento, y posteriormente se evaluó cada 7 días antes de dar el primer alimento por la mañana. La condición corporal se midió mediante palpación dorsal y costal, utilizando una escala de 1 (Muy flaca) al 5 (Muy gorda) realizándose cada 15 días (Russel *et al.*, 1969).

Se formaron grupos experimentales con condición corporal y pesos vivos divergentes, la dieta ofrecida a las cabras durante el período de adaptación consideró: las 16 cabras más pesadas recibieron 1 kg de alfalfa henificada (14.6% PC) por cabra por día, y las 16 cabras menos pesadas además de la alfalfa henificada (0.6 kg / cabra / día) recibieron 100 g de maíz roado. La ración de maíz fue incrementada gradualmente en un lapso de 6 semanas hasta llegar a los 200 g de maíz roado por cabra por día. Posteriormente, la dieta basal de estos grupos consistió de heno de alfalfa molida, ofreciendo en forma respectiva un 70% y un 100% de los requerimientos nutricionales a los grupos de baja y alta condición corporal (NRC, 1981).

Diseño de tratamientos

El diseño de tratamientos consistió de un arreglo factorial 2 x 2, con dos niveles de condición corporal (alto o bajo), y dos niveles más de suplementación de proteína de sobrepaso (con o sin). Se evaluaron los efectos principales de alimentar a cabras con diferente condición corporal con dos niveles de suplementación de proteína de sobrepaso, así como su interacción, sobre la actividad ovárica medida como tasa ovulatoria. Las treinta y dos cabras (n=32) fueron separadas en dos grupos, uno de alta (ACC) y el otro de baja (BCC) condición corporal y fueron asignadas aleatoriamente a cada uno de los 16 corrales dentro de condición corporal, teniendo 8 corrales con ACC y 8 con BCC.

Posteriormente, los corrales dentro de condición corporal fueron asignados a tratamientos experimentales: (1) con suplementación 125 g de proteína no degradable en rumen (**CPNDR**) (harina de sangre) por cabra por día, y (2) sin suplementación de proteína no degradable en el rumen (**SPNDR**). Estos tratamientos fueron distribuidos

considerando cuatro corrales por tratamiento, con dos cabras por corral. Todas las cabras continuaron con su dieta base de heno de alfalfa durante el período experimental, el cual consideró 40 días antes de la ovulación y 15 después de la misma. Durante el experimento se ofreció agua limpia y sombra. Los grupos experimentales fueron alimentados dos veces al día: heno de alfalfa por la mañana y la suplementación con proteína (125 g) por la tarde, bajo condiciones naturales de luz.

Sincronización del estro

A los 29 días después de iniciados los tratamientos, las cabras fueron sincronizadas mediante la aplicación de una dosis de 0.9 ml de cloprostenol sódico (Celosilâ). Dicho fármaco es una prostaglandina sintética análoga, estructuralmente relacionada a la prostaglandina F_2a , aunque su actividad luteolítica está aumentada. Aplicada entre los días 5 y 18 del ciclo estral produce una regresión del CL y precipita una disminución en las concentraciones de P4 a menos de 1 ng ml^{-1} durante las 24 h posteriores a su administración. Al disminuir los niveles de P4 se promueve una subsecuente elevación en los niveles de E2 así como de LH, seguido de la presentación del estro más un pico de LH en los siguientes 2 a 5 días, desencadenando la ovulación. La segunda aplicación de cloprostenol se realizó 11 días después de la primera.

Muestreo sanguíneo intensivo

Un día posterior a la segunda aplicación de cloprostenol sódico en forma aleatoria fueron seleccionadas 16 cabras y a cada una de ellas se realizó un muestreo de sangre para medir las concentraciones séricas de GH y LH. Las muestras sanguíneas fueron colectadas de cada cabra mediante venopunción en la arteria yugular utilizando agujas estériles de 0.8x38mm (Becton Dickinson and Company, Franklin Lakes) y tubos colectores estériles Vacutainer de 10 ml^{-1} (Corvac, Sherwood Medical, St. Louis, Mo), por un periodo de 6 horas a intervalos de 15 minutos. En total se colectaron 25 muestras por cabra, 200 muestras por tratamiento, con un total de 200 muestras originales de suero. Todas las muestras de suero colectadas durante el muestreo sanguíneo fueron evaluadas por su contenido de LH y GH mediante radioinmunoanálisis según los procedimientos señalados por Hoefler y Hallford (1987).

Análisis ultrasonográfico de la actividad ovárica

Una vez terminada la fase de suplementación se evaluó la TO mediante la técnica de ultrasonografía. 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 lineal de 7.5 Mhz para uso veterinario. Se aplicó gel obstétrico (Lubrel, Arnolds Veterinary Products, Ltd, USA). Con objeto de manipular el transductor desde la parte externa del animal, éste fue sujeto 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 rastreador dirigido hacia la parte ventral del animal hasta que la vejiga y el útero fueran identificados (Griffin y Ginther, 1992). Una vez localizadas ambas estructuras, se realizaron una serie de rotaciones bilaterales, mientras que el transductor fue movido en dirección caudal hasta que ambos ovarios fueron localizados.

Análisis estadísticos

Los pesos corporales, condiciones corporales, número de folículos (FT), cuerpos lúteos (CL) y la actividad ovárica total (AOT) fueron evaluados mediante un análisis de varianza (ANOVA) dentro de un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de tratamientos 2×2 (Snedecor y Cochran, 1967). Las concentraciones séricas de GH y LH fueron analizadas mediante un diseño completamente al azar con arreglo de parcelas divididas para mediciones repetidas en el tiempo (Gill y Hafs, 1971). Cuando se observaron valores significativos de F, la separación de medias consideró el procedimiento PDIFF para probar sus diferencias. Todos los análisis fueron realizados utilizando los procedimientos GLM del programa SAS (1989). Los valores reportados se definen como medias de mínimos cuadrados \pm el error estándar de la media. Debido a que no existió efecto de interacción ($P > 0.05$) entre nivel de suplementación y condición corporal, los resultados y la discusión de los mismos se abordarán considerando el comportamiento de las variables dependientes de acuerdo a los efectos principales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Comportamiento del peso corporal

Las cabras del grupo baja condición corporal (BCC) pesaron menos ($P = 0.01$) que las cabras en alta condición corporal (ACC). El peso vivo final resultó ser diferente ($P = 0.01$) al momento del análisis ultrasonográfico (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados para pesos inicial y final (kg) de los grupos en condición corporal baja o alta al inicio y final del período experimental en cabras expuestas a un fotoperíodo decreciente en la Comarca Lagunera (25° LN)

Condición	Inicio (Agosto 12)	Final (Octubre, 8)
Baja	28.8	28.7
Alta	35.1	38.4
E.E. ¹	0.72	1.02
NSO ²	0.01	0.01

¹ EE, error estándar de medias de mínimos cuadrados más conservador

² Nivel de significancia observado

Población folicular, tasa ovulatoria y actividad ovárica total

Al no existir interacción entre condición corporal y nivel de suplementación de proteína de sobrepaso (NSP), las medias de mínimos cuadrados para efectos principales son presentadas (Cuadro 2). Mientras que los pesos vivos difirieron ($P=0.01$) entre condición corporal en favor del grupo CCA, no existieron diferencias ($P=0.5$) para esta variables con respecto a los animales con y sin suplementación de PNDR. Dicho comportamiento da una mayor certidumbre de que cualquier diferencia entre las variables de respuesta ocurriría debido a los efectos principales. Los valores promedio para FT, CLT y AOT fueron 2.31, 2.34 y 4.65, respectivamente. Mientras que la CC afectó ($P=0.01$)

la expresión del número de CLT y AOT en favor del grupo ACC, el grupo suplementado mostró los valores más altos con respecto a FT, CLT y AOT (Cuadro 2).

Niveles séricos, area bajo la curva y pulsatilidad de las hormonas del crecimiento y luteinizante

Los valores promedio para AOT, GH y LH fueron 4.65, 8.34 ng ml y 2.52 ng ml, respectivamente. Mientras que los efectos principales CC y NSP afectaron ($P<0.06$) la expresión tanto de CLT como de la AOT, ninguno de los efectos principales afectaron ($P>0.05$) las concentraciones séricas de GH o LH, el área bajo la curva de GH o LH, o la pulsatilidad de dichas hormonas (Cuadro 4).

Cuadro 2. Medias de mínimos cuadrados para peso vivo (PV, kg), calificación de la condición corporal (CCC, unidades), folículos totales (FT), cuerpos lúteos totales (CLT) y actividad ovárica total (FT+CLT=AOT) en cabras en condición corporal baja o alta y sin o con suplementación de proteína no degradable en rumen expuestas a un fotoperíodo decreciente en la Comarca Lagunera (25° LN)¹

Variables	Condición Corporal ²			Nivel de Proteína ³			EE ⁴
	Baja	Alta	NSO ⁵	Sin	Con	NSO	
PV	28.7	38.4	0.01	29.8	30.8	0.5	1.2
CCC	2.1	3.2	0.01	2.5	2.6	0.5	0.3
FT	2.1	2.4	0.4	1.9	2.7	0.04	0.2
CLT	1.8	2.8	0.01	2.0	2.6	0.06	0.2
AOT	3.9	5.2	0.01	4.0	5.3	0.01	0.3

¹ Al no existir interacción entre condición corporal y nivel de suplementación de proteína de sobrepaso, las medias de mínimos cuadrados para efectos principales \pm EE, son reportados.

² Condición corporal, basada en evaluaciones semanales durante el período experimental

³ Nivel de proteína: Bajo (0 g / cabra / día), Alta (125 g / cabra / día)

⁴ EE, error estándar de medias de mínimos cuadrados más conservador

⁵ Nivel de significancia observado.

Cuadro 3. Medias de mínimos cuadrados para actividad ovárica total (AOT) y concentraciones séricas (ng ml⁻¹) de hormona del crecimiento (GH) y de hormona luteinizante (LH) el día 18 del ciclo estral en cabras en condición corporal baja o alta y sin o con suplementación de proteína no degradable en rumen expuestas a un fotoperíodo decreciente en la Comarca Lagunera (25° LN)¹

Variables	Condición Corporal ²			Nivel de Proteína ³			EE ⁴
	Baja	Alta	NSO ⁵	Baja	Alta	NSO	
AOT	3.9	5.2	0.01	4.0	5.3	0.01	0.3
GH	8.2	8.7	0.7	8.5	8.3	0.9	1.2
LH	2.2	2.8	0.7	2.4	2.5	0.8	0.5

¹Al no existir interacción entre los efectos principales, se reportan las medias de mínimos cuadrados para efectos principales ± EE.

² Condición corporal: Baja (PV=28.7±0.72, CCC=3.0), Alta (38.4±1.02, CCC=3.8) (P<0.01)

³ Nivel de proteína: Sin proteína (0 g cabra d⁻¹), Con proteína (125 g cabra⁻¹)

⁴ EE, el error estandar más conservador de las medias de mínimos cuadrados es presentado

⁵ Nivel de significancia observado

Cuadro 4. Medias de mínimos cuadrados para peso vivo (PV, kg), calificación de la condición corporal (CCC), actividad ovárica total (AOT), área bajo la curva (AUC) y pulsos por 6h (PULSE) de hormona del crecimiento (GH) y hormona luteinizante (LH) el día 18 del ciclo estral en cabras en condición corporal baja o alta y sin o con suplementación de proteína no degradable en rumen expuestas a un fotoperíodo decreciente en la Comarca Lagunera (25° LN)¹

Variables	Condición Corporal ²			Nivel de Proteína ³			EE ⁴
	Baja	Alta	NSO ⁵	Baja	Alta	NSO	
PV	28.7	38.4	0.01	29.8	30.8	0.5	1.
CCC	2.1	3.2	0.01	2.5	2.6	0.5	0.3
AOT	3.9	5.2	0.01	4.0	5.3	0.01	0.3
GH-AUC	3005.7	3286.3	0.6	3143.7	31483	0.9	475.3
GH-PULSE	3.0	3.0	0.9	3.0	3.0	0.8	0.3
LH-AUC	753.1	1134.3	0.2	891.6	995.8	0.7	203.0
LH-PULSE	1.8	2.6	0.4	3.1	2.3	0.8	0.6

¹Al no existir interacción entre los efectos principales, se reportan las medias de mínimos cuadrados para efectos principales ± EE.

² Condición corporal: Baja (PV=28.7±0.72, CCC=3.0), Alta (38.4±1.02, CCC=3.8) (P<0.01)

³ Nivel de proteína: Sin proteína (0 g cabra d⁻¹), Con proteína (125 g cabra⁻¹)

⁴ EE, el error estandar más conservador de las medias de mínimos cuadrados es presentado

⁵ Nivel de significancia observado

Coefficientes de correlación lineal entre efectos principales, variables reproductivas y variables endocrinas

Los coeficientes de correlación lineal entre CC, NSP, FT, CLT, AOT, concentraciones y pulsatilidad de GH y LH. Las correlaciones importantes observadas entre dichas variables incluyeron CC y CLT (r=0.46; P=0.06), FT y CLT (r=0.69; P=0.01), GH y GH-PULSE (r= - 0.47; P=0.06), así como GH y LH-PULSE (r=0.44; P=0.08).

Comportamiento del peso corporal

Maiga y Shchigoethe (1997) indicaron que vacas alimentadas con PNDR no mostraron cambio alguno en el peso corporal. A diferencia, Villanueva y San Martín (1997), quienes evaluaron la ganancia diaria de peso acumulativo durante 0-30, 0-60 y 0-90 días, observaron que los animales que recibieron 200 g d⁻¹ de PNDR mostraron mayores ganancias promedio de peso que los animales que no recibieron dicha proteína.

La suplementación con PNDR en otros estudios ha resultado en incrementos en el consumo de materia seca y(o) materia orgánica de la dieta base (Valencia *et al.*, 1999). El incremento en el consumo de materia seca cuando se suministra suplemento proteico, se ha explicado como el resultado de una corrección de una deficiencia de nitrógeno para la actividad ruminal y(o) de un mejor suministro de proteína metabolizable resultando en un mejor estado nutricional del animal (Egan, 1965).

Varios autores señalan que los altos requerimientos de proteína durante la fase de crecimiento no son generalmente cubiertos por la proteína de origen microbiano, sobre todo cuando son alimentados con alimentos fibrosos. En estos casos la suplementación con PNDR permite cubrir dichos requerimientos traduciéndose en ganancias de peso y conversión alimenticia, (Villanueva y San Martín, 1997). El efecto del suministro de PNDR difiere entre animales jóvenes y maduros. La ganancia de peso en animales jóvenes es menor que en animales maduros alimentados con proteína de sobrepaso (Veira *et al.*, 1996).

Con respecto al efecto de la nutrición sobre el peso vivo, éstos pueden diferenciarse en estáticos y dinámicos. EL efecto estático se refiere al peso vivo con el cual el animal llega al empadre, mientras que el dinámico se refiere a los cambios en el peso vivo ocurridos durante el período de empadre. Al respecto, Smith y Stewart (1990) concluyeron que los efectos estáticos y dinámicos de la nutrición sobre el peso vivo pueden ser los mismos cuando es medida a diferentes tiempos. En este sentido, la tasa de desarrollo del animal dependerá del tipo de suplemento, de la digestibilidad de la proteína consumida y de los cambios que promueva a nivel sérico del tipo de aminoácidos de cadena ramificada (BCAA), los cuales en conjunto afectarán la respuesta ovulatoria.

Población folicular, tasa ovulatoria y actividad ovárica total

Gunn (1983), propuso que la TO en ovejas es dependiente del efecto flushing solamente en aquellas que están dentro del rango intermedio de condición corporal, 2.5 en escala de 1 a 5, y que por encima o debajo del rango crítico, la energía o el consumo de alimento no tiene efecto sobre la actividad ovárica medida como el número de cuerpos lúteos totales. En el presente estudio, la CC afectó ($P < 0.05$) dos variables en estudio: CLT y AOT, observándose los mejores promedios para dichas variables en las cabras con ACC, mientras que la variable FT no difirió ($P > 0.05$) entre CC. Con respecto al NSP, las tres variables evaluadas fueron afectadas, observándose los mejores promedios en las cabras suplementadas.

Scaramuzi y Radford (1983) afirmaron que las ovejas pueden responder a cambios de corto tiempo en la disponibilidad de proteína y energía con un incremento en ovulaciones dobles. Asimismo, Smith y Stewart (1990) mencionan que la suplementación proteica tiene efecto positivo sobre TO después de proporcionarla por un período de una semana hacia el final de la fase lútea y durante toda la fase folicular, mientras que la suplementación energética puede mostrar efectos positivos sobre TO al ser proporcionada durante todo el ciclo sexual.

Allison (1977) reporta mayor número de folículos con diámetros superiores a los 2 mm y numerosos folículos de diámetros inferiores en ovejas que mostraban mayores pesos vivos. En otros estudios, se reporta un mayor número de folículos con diámetros superiores a los 4 mm (Rhind y McNeilly, 1986) ó superiores a 2.5 mm (Rhind *et al.*, 1989b) en ovejas que mostraban una condición corporal alta, los cuales fueron estrogénicos y potencialmente ovulatorios (Rhind, 1992). Se concluyó que las diferencias en TO estuvieron asociadas a diferencias en CC primeramente debido a la variabilidad en el número de folículos potencialmente ovulatorios presentes en la regresión lútea, cuando la selección final del folículo ovulatorio toma lugar.

Este comportamiento fue posteriormente confirmado mediante estudios histológicos de poblaciones de folículos ovulatorios (Xu *et al.*, 1989), demostrándose además que la proporción de folículos atrofiados fue menor en ovejas con CCA hacia la fase folicular tardía, al ser comparados con ovejas que mostraban una condición corporal baja.

El efecto de la proteína contenida en la dieta sobre la TO parece operar sobre un período de corto tiempo. Según Nottle *et al.* (1985) el aumento en TO está asociado a un incremento de la proteína en la dieta, el cual es atribuible a una reducción en la tasa de folículos atróficos después de la luteólisis. Lo anterior sugiere que el efecto de la proteína en la dieta parece ser mediado en una fase tardía del ciclo estral y desarrollo folicular.

Se tienen reportes de un mecanismo completamente diferente, ya que en carneros consumiendo una dieta alta en proteína, la retención de nitrógeno se incrementó y las concentraciones en el plasma de algunos aminoácidos esenciales se incrementaron. Estas observaciones fueron relacionadas con resultados obtenidos de ovejas en una prueba diseñada para examinar la respuesta ovulatoria a diferente nivel de proteína y energía, observándose que la TO estaba altamente correlacionada a las concentraciones plasmáticas de aminoácidos esenciales, pero en

particular con concentraciones de aminoácidos de cadenas ramificadas (BCAA).

Niveles séricos, area bajo la curva y pulsatilidad de las hormonas del crecimiento y luteinizante

Scaramuzzi y Campbell (1990) mencionan que la nutrición induce cambios en el nivel de hormonas metabólicas como la GH y la insulina, pudiendo promover cambios en la actividad de moduladores intraováricos a la influencia sistémica de FSH ó a los efectos endocrinos, autocrinos y paracrinos de los IGF-1 (Factor de crecimiento análogo a insulina-1).

Ciertamente, un incremento de IGF-1 puede actuar como una co-gonadotropina al promover una mayor actividad esteroidogénica en un mayor número de folículos resultando, en turno, con un eventual incremento en la TO, sin cambios periféricos en los niveles de FSH.

Según Meza *et al.*, (2001) el efecto de la suplementación sobre el comportamiento reproductivo puede ser afectado por la edad, etapa fisiológica y(o) peso vivo del animal. En efecto, Meza *et al.*, (2001) reportaron un nulo efecto de la suplementación de grasa de sobrepeso sobre TO, ya que la partición de los nutrientes pudo haber privilegiado el desarrollo corporal con respecto a la actividad del eje hipotálmo-hipofisiario-gonadal en cabras púberes. Sin embargo, en el presente estudio el incremento en TO se presentó en animales reproductivamente maduros, los cuales pudieron re-direccionar la proteína suplementaria ofrecida hacia un aumento del número de folículos maduros los cuales, en turno, pudieron ser potencialmente ovulados.

Con respecto al nivel de proteína, las cabras suplementadas mostraron una mayor AOT al compararlas con las no suplementadas. Sin embargo, dicho comportamiento reproductivo no se relacionó con incrementos en los niveles séricos de GH o LH, o al área bajo la curva o la pulsatilidad de dichas hormonas (Cuadro 4). Las correlaciones que se muestran indican que existió una correlación entre CLT y CC ($r= 0.46$; $P<0,06$), entre AOT y FT ($r= 0.69$; $P<0.002$), entre CLT y AOT ($r= 0.71$; $P=0.01$).

El efecto positivo que mostraron tanto una buena condición corporal (efecto estático) así como la suplementación de proteína sobrepasante (efecto dinámico) sobre la actividad ovárica, no fue acompañado por diferencias en los niveles séricos de hormonas metabólicas como la GH ni por cambios en el perfil endocrino de hormonas reproductivas como la LH. Dicha respuesta biológica sugiere que la actividad ovárica fue afectada por una ruta no dependiente de GnRH,

específicamente de LH, ni por cambios en el estado metabólico, considerando a la GH como principal indicador metabólico.

CONCLUSIONES

Los pesos vivos de las cabras en estudio con condición corporal baja (BCC, $PV= 28.78 \pm 1.025$ kg) y alta (ACC, $PV= 38.46 \pm 1.025$ kg) difirieron ($P<0.001$) al inicio y final del período experimental.

Los valores promedio para número de folículos totales (FT), número de cuerpos lúteos totales (CLT) y la actividad ovárica total (AOT), fueron 2.3, 2.3 y 4.6, respectivamente.

La condición corporal afectó ($P<0.05$) dos de las variables estudiadas: CLT y AOT, sin afectar el número de FT ($P=0.4$).

El nivel de suplementación con proteína no degradable en rumen, afectó el número de FT ($P=0.04$), el número de CLT ($P=0.06$), así como la AOT ($P=0.01$).

El suministro de proteína no degradable en el rumen por un período de 40 días previos a la ovulación en cabras que muestran madurez sexual, generó incrementos en la actividad ovárica, durante el mes de Octubre, bajo fotoperíodos decrecientes.

LITERATURA CITADA

- Allison, A. J. 1977. Effect of nutritionally induced liveweight differences on the ovulation rates and the population of ovarian follicles in ewes. *Theriogenology*. 8:19-24.
- Egan, A. R. 1965. Nutritional status and intake regulation of sheep: II. The influence of sustained duodenal infusions of casein and urea upon voluntary intake of low-protein riuhgages by sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 16:451-462.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México. 252p.
- Gill, J.L and Hafs H.D. 1971. Analysis of repeated measurements of animals. *J. Anim. Sci.*, 33:331.
- Griffin P. G. and Ginther O. J. 1992. Research applications of ultrasonic imaging in reproductive biology. *J. Anim. Sci.* 70:953-972.
- Gunn, R. G. 1983. In: Haresign, W. (ed), *Sheep Production* (Proceedings of the 35 th Easter School in Agricultural Science), University of Nottingham, London, Butterworths. pp. 99-110.
- Hoefler, W.c. and Halford D.M. 1987. Influence of suckling status and type of birth on serum hormones profiles and return to estrus early-postpartum spring lambing ewes. *Theriogenology*, 27: 887.

- Landau, S.; Morand-Fehr P.; Bas P.; Schmidely Pb. and Giger-Reverdin S. 1996. Nutritional efficiency for conception, pregnancy and lactation in goats with an emphasis on glucose and nitrogen metabolism. In VI Int. Conf. Goats. (De) 1 AP. Beijing. China. Pp. 528-536.
- Maiga, H. A. and Schingoethe, D. J. 1997. Optimizing the utilization of animal fat and ruminal bypass protein in the diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 1997, 80:2, 343-352.
- Meza, H. C. A.; López A.D. y Chávez-Perches J. G. 2001. Tecnologías para el mejoramiento de los sistemas de producción caprina en la Comarca Lagunera. II. Condición corporal, suplementación de grasa de sobrepeso, y actividad ovárica. IV Reunión de Investigación SIVILLA-Durango. p. 18-22..
- NRC. 1998. Nutrient requirements of goats: Angora, dairy and meat goats in temperate and tropical countries. National Academy Press. Washington. US
- Nottle, M. B., Armstrong, D. T., Setchell, B. P. and Seamark, R. F. 1985. Lupin feeding and folliculogenesis in the Merino ewe. *Proceedings of the Nutrition Society of Australia.* 10:45.
- Rhind, S. M., McMillen, S. R., Wetherill, G. Z., McKelvey, W. A. C. and Gunn, R. G. 1989. Effects of Low levels of food intake before and/or after mating on gonadotropin and progesterone in grey face ewes. *Animal production.* 49:267-273.
- Rhind, S. M. and McNeilly, A. S. 1986. Follicle populations, ovulations rate and plasma profiles of LH, FSH and prolactin in Scottish Blackface ewes in high and low levels of body condition. *Anim. Reprod. Sci.*, 10:105-115.
- Rhind, S. M. 1992. Nutrition: Effects on Reproductive Performance and its hormonal Control in Female in Sheep y Goats. In: *Progress in Sheep and Goat Research.* Ed. Speedy, A. W. pp. 25-32.
- Russel, A. J. F.; Doney, J. M. and Gunn, R. G. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agric. Sci., Cambridge.* 72:451-454.
- SAS. 1989. SAS/STAT user's guide. (Release 6.03). SAS Institute, Inc. Cary, NC.
- Scaramuzzi R. J. and Radford H. M. 1983. Factors regulating ovulation rate in the ewe. *J. Reprod. Fert.* 69:353-367.
- Scaramuzzi R. J. and Campbell, B. K. 1990. Physiological regulation of ovulation rate in the ewe: a new look at an old problem. In: *Reproductive Physiology of Merino Sheep.* De. Oldhman, C. M., Martin, G. B. and Purvis, I. W. pp. 85-101.
- Sisk C. L. and Bronson F. H. 1986. Effects of food restriction and restoration on gonadotropin and growth hormone secretion in immature male rats. *Biol. Reprod.* 35:554.
- Schillo K. K. 1992. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 70:1271-1282.
- 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.
- Smith J. F. and Stewart, P. D. 1990. Effects of nutrition on the ovulation rate of ewes. In: *Reproductive Physiology of Merino sheep.* Ed. Oldhman, C. M., Martin, G. B. and Purvis, I. W. pp. 85-101.
- Thomas G. B.; Mercer J. E.; Karalis T.; Rao A.; Cummins J. T. and Clarke I. J. 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. *Endo.* 126:1361-1367.
- Snedecor G. W. and W. G. Cochran. 1967. *Statistical Methods.* (6th Ed.). The Iowa State Univ. Press, Ames. USA
- Valencia, J. G., I Tovar Luna, y V. Castañeda. 1999. Efecto del consumo de proteína no degradable en el rumen sobre el cambio de peso, producción de leche, y composición de la leche en cabras lactantes. XIV Reunión Nacional de Caprinocultura. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. P 91.
- Veira, D. M., Berthiaume, R. and Roy, G. L. 1996. Four protein sources as supplements for growing steers fed grass silage. <http://131.104.112.18/beefupdate/articles96/a-four-protein-sources.htm>
- Villanueva, J. and San Martin, F. 1997. Alimentación de vaquillas en crecimiento a base de residuos de cosecha tratada con urea y suplementadas con proteína sobrepasante.
- Xu, Z., McDonald, M. F. and McCutcheon, S.N. 1989. The effects of nutritionally-induced liveweight differences on follicular development, ovulation rate, oestrus activity and plasma follicle-stimulating hormone levels in the ewe. *Anim. Reprod. Sci.*, 19:67-78.