

## EFFECTO DEL ACEITE DE SOYA EN LA DIETA Y LA CONDICIÓN CORPORAL SOBRE LA POBLACION FOLICULAR Y TASA OVULATORIA DE OVEJAS PELIBUEY EN DOS ÉPOCAS REPRODUCTIVAS

Effect of dietary soybean oil and of body condition, on the follicular population and the ovulation rate of pelibuey sheep in two reproductive seasons

Alejandra Herrera-Corredor, Juan Salazar-Ortíz, Gladis Morales-Terán, Arturo Pro-Martínez y Jaime Gallegos-Sánchez ✉

(AHC) (JSO) (GMT) (APM) (JGS) Colegio de Postgraduados. Ciencia Animal-Ganadería, Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. Montecillo, Edo. de México. 56230. Texcoco, México. gallegos@colpos.mx

**Nota recibida:** 28 de agosto de 2008, **aceptado:** 26 de noviembre de 2009

**RESUMEN.** Se evaluó el efecto de la suplementación con aceite de soya (AS), 14 días antes y 7 días después del empadre, y la condición corporal sobre la población folicular y tasa ovulatoria (TO) en ovejas Pelibuey, en dos épocas reproductivas (EP1 y EP2). El AS disminuyó el número de folículos 2-3 mm y aumentó el número de folículos > 6mm en EP1 pero no TO. La condición corporal no afectó población folicular ni TO.

**Palabras clave:** Folículos, tasa ovulatoria, ovejas de pelo, aceite de soya, condición corporal.

**ABSTRACT.** The effect of dietary supplementation with soybean oil (AS), 14 days before and 7 days after mating, and of the body condition, were evaluated on the follicular population and the ovulation rate (TO) in Pelibuey sheep, in two reproductive seasons (EP1 and EP2). The AS decreased the number of 2-3 mm follicles and increased the number of > 6mm follicles in S1, but did not affect the TO. The body condition affected neither the follicular population nor the TO.

**Key words:** Follicles, ovulation rate, hair sheep, soybean oil, body condition.

### INTRODUCCIÓN

La eficiencia reproductiva de un rebaño es el producto de tres factores: fertilidad, prolificidad y sobrevivencia de los corderos. La prolificidad está determinada por la tasa ovulatoria, que a su vez depende del número de folículos que están disponibles para ovular (Viñoles C 2003. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, Swedish. 56 p). En las ovejas las poblaciones foliculares son muy sensibles a la entrada de nutrientes, por lo que la foliculogénesis y la tasa ovulatoria pueden ser incrementadas por medio de la nutrición (Martin GB, Milton JTB, Davidson RH, Bancharo GE, Lindsay DR, Blache D 2004. *Animal Reproduction Science*. 82-83: 231-245). Por otro lado, el nivel de alimentación determina el peso vivo y la condición corporal de las ovejas, observándose un efecto estético, dinámico o agudo de la nutrición

en la tasa ovulatoria, la cual depende de los cambios observados en peso vivo y condición corporal (Scaramuzzi RJ, Campbell BK, Downing JA, Kendal NR, KhHalid M, Muñoz-Gutiérrez M, Somchit A 2006. *Reproduction Nutrition and Development*. 46: 339-354). La mayoría de los estudios que conciernen al efecto de la nutrición sobre la reproducción involucran a la restricción de la energía en la dieta mas que a otros nutrientes, ya que afectan el estado de reservas corporales y el balance energético de los rumiantes (Schillo KK 1992. *Journal of Animal Science*. 70: 1271-1282). En ganado lechero, se ha observado que el suplemento con fuentes de energía ricas en ácido grasos insaturados (linoleico principalmente), como los aceites de origen vegetal, provoca un efecto en la función ovárica al promover el desarrollo folicular y la tasa ovulatoria (Lucy MC, Staples CR, Michel FM, Thatcher WW 1991. *Journal of Dairy Science*. 74: 483-489; Beam

SW, Buttler WR 1997. *Biology of Reproduction*. 56: 133-142), además de un incremento en las concentraciones de colesterol, triglicéridos, ácidos grasos libres y progesterona, sugiriendo que son los ácidos grasos y no la energía adicional, los que estimulan la función ovárica (Mattos R, Staples CR, Thatcher W 2000. *Reviews of Reproduction*. 5: 38-45). Sin embargo, este efecto se ha observado al suministrarse en el periodo postparto (Lucy MC, Gross TS, Thatcher WW 1990. *Effect of intravenous infusion of soybean oil emulsion on plasma concentrations of 15-keto-13,14-dihydro-prostaglandin F2 and ovarian function in cycling Holstein heifers*. In *International Atomic Energy Agency Livestock Reproduction in Latin America*. 119-132; Lucy MC, Staples CR, Michel FM, Thatcher WW 1991. *Journal of Dairy Science*. 74: 483-489). Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar si el suministro de un suplemento basado en aceite de soya crudo como fuente alimenticia de ácido linoleico antes del empadre incrementa el número de folículos y la tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey con diferente condición corporal y en la época en la cual se considera que disminuyen su actividad ovulatoria (Arroyo LJ, Gallegos-Sánchez J, Villa-Godoy A, Berruecos JM, Perera G, Valencia J. 2007. *Animal Reproduction Science*. 102: 24-30).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

Se realizaron dos estudios en diferentes épocas, uno durante el mes de marzo (época 1-EP1; época en la cual las ovejas disminuyen su actividad reproductiva) y el segundo durante el mes de noviembre (época 2-EP2; época reproductiva). Los trabajos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México. Se localiza a 19° 29' N y 98° 53' O, a una altitud de 2250 msnm. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano Cb (wo)(w)(i)g, con precipitación de 636.5 mm y temperatura media anual de 15.2 °C (García E 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köopen, FOCET*).

### Animales y alimentación

En EP1 se utilizaron 60 ovejas Pelibuey múltiples (3-5 partos), con una edad media de 4.0 ± 1.5 años. Para determinar la condición corporal se utilizó el procedimiento modificado por Gunn & Doney (Russel, A, Gunn RG and Doney JM. 1969. *Journal of Agriculture Science*. 72: 451-454), que mide la condición corporal en una escala de 1-5. Para lograr que tuvieran una condición corporal de 2 y 4, las ovejas con peso medio de 33.65 ± 1.04 kg (condición corporal 3-3.5) se alimentaron por un periodo de 60 d con diferentes cantidades de un concentrado comercial (15.2% de PC y 2.5 Mcal de EM kg<sup>-1</sup>) para disminuir o aumentar su condición corporal (restricción a 65% de las necesidades de mantenimiento recomendadas por National Academy Sciences-National Research Council. 1985. *Nutrient Requirements of Sheep*. National Academy Press = 0.62 kg de MS animal d<sup>-1</sup> y sobrealimentación a 125% de las necesidades de mantenimiento = 1.14 kg de MS animal d<sup>-1</sup>). Las ovejas recibieron forraje de avena *ad libitum*, sales minerales y agua a libre acceso. Para conocer el consumo a libre acceso de concentrado comercial que permitiera modificar la condición corporal, se ofreció 3.5% de alimento sobre el peso vivo (PV), asignando un 10% más hasta que se observó rechazo. Posteriormente se obtuvo el peso metabólico (PM = PV 0.75) y se calculó el consumo metabólico al 100% (CM = Consumo *ad libitum* PM<sup>-1</sup>). Al final del período de restricción las ovejas presentaron condición corporal baja (CB) de 2 puntos y peso medio 25.0 ± 2.04 kg; después del período de sobrealimentación la condición corporal fue alta (CA) de 4 puntos y peso medio de 40.0 ± 3.07 kg. En EP2 se utilizaron 64 ovejas después del destete, el grupo CB tuvo peso medio de 26.0 ± 1.7 kg y CA de 39.0 ± 1.3 kg.

### Tratamientos

En ambas épocas, una vez que las ovejas estaban en la condición corporal deseada, se proporcionó en la dieta un suplemento con aceite de soya (AS) o concentrado comercial (CC), durante tres semanas. Las ovejas en CB y CA se dividieron en dos grupos, conformando cuatro tratamientos: CBAS (n = 15), CBCC (n = 15), CAAS (n = 15) y CACC (n =

15). En EP2 se conformaron los mismos tratamientos, sólo que en este caso el número de hembras por tratamiento fue de 16.

### Suplementación

El suplemento aportó 2.52 Mcal de EM  $\text{kg}^{-1}$  y 15.5 % de PC; para su elaboración se utilizó aceite de soya crudo como fuente de ácido linoleico (52 % ácido linoleico) y se proporcionó a razón de 0.6 kg oveja $^{-1}$  d $^{-1}$ ; además consumieron forraje de avena, sales minerales y agua a libre acceso.

### Manejo reproductivo de las hembras

La sincronización del estro se realizó con esponjas intravaginales que contenían 40 mg de acetato de fluorogestona (Chrono-Gest, Intervet<sup>®</sup>), las cuales permanecieron durante 12 días. Tres días antes de colocar las esponjas, inició la suplementación y terminó 7 días después de retirarlas. Veinticuatro horas después del retiro de la esponja, por medio de ultrasonografía en tiempo real, se realizó el conteo de folículos presentes en los ovarios utilizando un transductor transrectal de 7.5 MHz integrado a un equipo de ultrasonografía (Aloka SSD 500). Los folículos se clasificaron de acuerdo a su diámetro en pequeños (2-3 mm), medianos (4-5 mm) y grandes o preovulatorios (> 6 mm; Ravindra JP, Rawlings NC, Evans ACO, Adams GP 1994. *Journal of Reproduction and Fertility*. 101: 501- 509). La tasa ovulatoria se determinó contando los CL en los ovarios, 9 d después de detectado el estro por medio de ultrasonografía.

### Variables estudiadas

Las variables fueron: número de folículos de 2-3 mm de diámetro (pequeños), número de folículos de 4-5mm de diámetro (medianos), número de folículos > 6 mm de diámetro (preovulatorios) en ambos ovarios después del retiro de la esponja y tasa de ovulatoria.

### Análisis de datos

El número de folículos por diámetro se analizó por el procedimiento GLM (SAS 2004. User guide) mediante un diseño completamente al azar de efectos fijos en arreglo factorial 2x2x2, consideran-

do como factores: el tipo de suplemento (AS y CC), condición corporal (CB y CA) y época del año (EP1 y EP2). La tasa ovulatoria se analizó utilizando el procedimiento GENMOD de SAS (2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tipo de suplemento tuvo efecto (ANDEVA  $F = 31.59$ ;  $p = 0.0001$ ) en el número de folículos pequeños (2-3 mm). El aceite de soya disminuyó el número de folículos de este diámetro comparativamente con el concentrado comercial (Tabla 1). Sin embargo, no afectó el número de folículos de 4-5 mm de diámetro (ANDEVA  $F = 0.10$ ;  $p = 0.75$ ; Tabla 1). La condición corporal (ANDEVA  $F = 3.06$ ;  $p = 0.08$ ) y la época (ANDEVA  $F = 1.0$ ;  $p = 0.31$ ) no afectaron el número de folículos pequeños (Tabla 1). No se observó efecto de las interacciones tipo de suplemento x condición corporal (ANDEVA  $F = 2.01$ ;  $p = 0.16$ ), tipo de suplemento x época (ANDEVA  $F = 0.02$ ;  $p = 0.89$ ), condición corporal x época (ANDEVA  $F = 0.06$ ;  $p = 0.80$ ) y tipo de suplemento x condición corporal x época (ANDEVA  $F = 0.01$ ;  $p = 0.92$ ) para los folículos de esta categoría. Resultado similar se observa para los folículos de 4-5 mm de diámetro en donde no hubo efecto de la condición corporal (ANDEVA  $F = 1.93$ ;  $p = 0.16$ ), época (ANDEVA  $F = 1.61$ ;  $p = 0.20$ ; Tabla 1), ni de las interacciones tipo de suplemento x condición corporal (ANDEVA  $F = 0.74$ ;  $p = 0.39$ ), tipo de suplemento x época (ANDEVA  $F = 1.89$ ;  $p = 0.17$ ), condición corporal x época (ANDEVA  $F = 0.74$ ;  $p = 0.39$ ) y tipo de suplemento x condición corporal x época (ANDEVA  $F = 1.93$ ;  $p = 0.16$ ).

En este trabajo se esperaba que las ovejas en condición corporal baja al consumir un suplemento con aceite de soya incrementaran su población folicular en las tres categorías estudiadas y en la época en que disminuyen su actividad reproductiva. Sin embargo, la hipótesis no se cumplió, ya que el suplemento con aceite de soya disminuyó la población de folículos de 2-3 mm de diámetro sin cambios en el número de folículos de 4-5 mm, > 6 mm y la tasa ovulatoria, respecto a las ovejas que consumieron el concentrado comercial, lo cual no concuerda con lo encontrado por Herrera *et al.* (Herrera-Camacho J,

**Tabla 1.** Efecto del tipo de suplemento, la condición corporal y la época en las poblaciones foliculares y la tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey (Época 1: marzo, Época 2: noviembre, E.E: error estándar).  
**Table 1.** Effect of the type of supplement, the body condition and the season on the follicular populations and the ovulation rate in Pelibuey sheep (Season 1: March, Season 2: November, E.E: standard error).

	n	Diámetro folicular ± E. E			Tasa ovulatoria ± E. E.
		2-3 mm	4-5 mm	> 6 mm	
<b>Suplemento</b>					
AS	64	8.03 ± 0.26 <sup>b</sup>	0.81 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.10 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.36 ± 0.09 <sup>a</sup>
CC	64	10.15 ± 0.26 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.24 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.24 ± 0.09 <sup>a</sup>
<b>Condición corporal</b>					
Alta	64	8.76 ± 0.26 <sup>a</sup>	0.81 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.19 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.09 <sup>a</sup>
Baja	64	9.42 ± 0.26 <sup>a</sup>	0.74 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.16 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.18 ± 0.10 <sup>a</sup>
<b>Época</b>					
1	64	8.90 ± 0.26 <sup>a</sup>	0.75 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.18 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.23 ± 0.09 <sup>a</sup>
2	64	9.28 ± 0.27 <sup>a</sup>	0.90 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.16 ± 0.08 <sup>a</sup>	1.57 ± 0.10 <sup>a</sup>

<sup>a b</sup> Valores con distinta literal en la misma columna, son diferentes ( $p < 0.05$ ).

Quintal-Franco JA, Kú Vera JC, Williams GL 2003. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 2: 101-104), quienes al suplementar con aceite de maíz a ovejas Pelibuey, observaron un mayor número de folículos pequeños en las ovejas que consumieron el aceite de maíz respecto al grupo testigo ( $7.5 \pm 1.02$  y  $6.13 \pm 0.80$ , respectivamente). Hubo un incremento en la población folicular de 4-5 mm de diámetro ya que la suplementación nutricional a corto plazo previene el nivel de atresia de los folículos en la etapa de reclutamiento folicular, permitiendo así un mayor desarrollo de éstos hasta el estado preovulatorio (Haresing W 1981. Animal Reproduction Science. 32: 197-202). Aunque en ganado bovino se observa un incremento en la población de folículos al suplementar grasas y aceites, posiblemente debido a un aumento en las concentraciones de LH (Mattos R, Staples CR, Thatcher W 2000. Reviews of Reproduction. 5: 38-45) o a un incremento en las concentraciones circulantes de insulina (Stapples CR, Burke JM, Thatcher WW 1998. Journal of Dairy Science. 81: 856-871), en ganado ovino se requiere más investigación en este sentido, ya que el uso de fuentes energéticas concentradas no está documentado ampliamente en la reproducción. La respuesta observada en este trabajo puede ser atribuida a un efecto negativo de los lípidos en la digestión de otros nutrientes, ya que las grasas dietéticas provocan depresión de las digestibilidades de la materia seca, fibra y energía, cambiando el patrón de fermentación.

Por otro lado, los ácidos grasos poliinsaturados sufren una biohidrogenación a nivel ruminal, que en el caso del ácido linoleico puede ser hasta de 90 %, convirtiéndolos a ácidos grasos saturados (Tamminga S, Doreau M 1991. Lipids and rumen digestion. In: JP Jouany (Ed.) Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion. P.151-164. INRA, París), permitiendo que solo una pequeña cantidad llegue al intestino para su absorción (Jenkins TC 1994. The Journal of Nutrition. 124: 13728-13768), por lo que posiblemente esta cantidad no fue suficiente para promover el desarrollo folicular.

Aunque Rhind & McNeilly (Rhind, SM, McNeilly AS 1986. Animal Reproduction Science. 10: 105-115), señalan que la condición corporal condiciona la respuesta a la suplementación, en este estudio la condición corporal de las ovejas no afectó la población folicular de ningún diámetro. Este resultado se puede atribuir a que el incremento en la tasa ovulatoria como respuesta al "efecto dinámico" de la sobrealimentación, al parecer no guarda relación con el incremento en el número de folículos que se desarrollan, sino más bien con el incremento en la capacidad esteroideogénica de los folículos grandes ( $\geq 4.0$  mm; Rhind SM, McNeilly AS 1998. Animal Reproduction Science. 52: 131-138). En cuanto al número de folículos preovulatorios ( $> 6$  mm) se observó efecto del tipo de suplemento x época (ANDEVA  $F = 5.11$ ;  $p = 0.02$ ; Tabla 2); el número de folículos de este diámetro incrementó cuando las

**Tabla 2.** Efecto de la interacción suplemento por época en el número de folículos > 6 mm y tasa ovulatoria en ovejas Pelibuey (Época 1: marzo, Época 2: noviembre, E.E: error estándar).

**Table 2.** Effect of the supplement-season interaction on the number of >6mm follicles and the ovulation rate in Pelibuey sheep (Season 1: March, Season 2: November, E.E: standard error).

Suplemento	Estación	n	Folículos	Tasa ovulatoria
			> 6 mm ± E. E.	± E. E.
Concentrado Comercial	Época 2	32	1.25 ± 0.11 <sup>ab</sup>	1.38 ± 0.15 <sup>b</sup>
Concentrado Comercial	Época 1	30	0.96 ± 0.11 <sup>c</sup>	1.34 ± 0.12 <sup>b</sup>
Aceite Soya	Época 2	32	1.13 ± 0.11 <sup>b</sup>	1.77 ± 0.13 <sup>a</sup>
Aceite Soya	Época 1	30	1.36 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.13 ± 0.12 <sup>c</sup>

<sup>a b</sup> Valores con distinta literal en la misma columna, son diferentes ( $p < 0.05$ ).

ovejas consumieron el suplemento con aceite de soya en EP1, comparativamente a cuando consumieron el concentrado comercial en la misma época. No hubo efecto del tipo de suplemento (ANDEVA  $F = 1.40$ ;  $p = 0.23$ ), la condición corporal (ANDEVA  $F = 0.09$ ;  $p = 0.76$ ) y la época en esta variable (ANDEVA  $F = 0.03$ ;  $p = 0.85$ ; Tabla 1), así como de las interacciones tipo de suplemento x condición corporal (ANDEVA  $F = 1.20$ ;  $p = 0.27$ ), condición corporal x época (ANDEVA  $F = 0.71$ ;  $p = 0.40$ ) y tipo de suplemento x condición corporal x época (ANDEVA  $F = 0.27$ ;  $p = 0.60$ ) en esta variable. Así mismo, se observó efecto de la interacción tipo de suplemento x época en la tasa ovulatoria ( $\chi^2 = 3.43$ ;  $p = 0.05$ ). Las ovejas que consumieron el aceite de soya en la EP2 presentaron mayor tasa ovulatoria que en la EP1 (Tabla 2). No se observó efecto del tipo suplemento ( $\chi^2 = 1.71$ ;  $p = 0.19$ ), condición corporal ( $\chi^2 = 1.81$ ;  $p = 0.17$ ), época ( $\chi^2 = 0.82$ ;  $p = 0.36$ ; Tabla 1), ni de las interacciones tipo de suplemento x condición corporal ( $\chi^2 = 0.08$ ;  $p = 0.77$ ), condición corporal x época ( $\chi^2 = 1.81$ ;  $p = 0.17$ ) y tipo de suplemento x condición corporal x época ( $\chi^2 = 1.79$ ;  $p = 0.18$ ) en esta variable. Las ovejas que consumieron el aceite de soya presentaron similar número de folículos > 6 mm de diámetro en la EP1 a las ovejas que consumieron el concentrado comercial en la EP2. Sin embargo, esto no se reflejó en la tasa ovulatoria, ya que presentaron una disminución en el valor de esta variable. En la EP2, aunque las ovejas que consumieron el aceite de soya tuvieron un número de folículos de diámetro >

6 mm equiparable a las ovejas que consumieron el concentrado comercial, éstas presentaron una mayor tasa ovulatoria. Éste resultado no puede ser del todo atribuido al efecto de la suplementación con aceite de soya, ya que en la oveja de pelo no existe el anestro estacional como tal, sólo se reporta una disminución de la actividad estral entre marzo y junio (época de anestro estacional; Arroyo LJ, Gallegos-Sánchez J, Villa-Godoy A, Berruecos JM, Perera G, Valencia J 2007), y una variación en la dinámica folicular estacional en ovejas en subtrópicos (Ali A, Derar R, Hussein H 2006. *Theriogenology*. 66: 463-469). Además, se ha demostrado la presencia de dos poblaciones distintas de folículos, diferenciadas por su habilidad de producir estradiol en folículos estrógeno-activos y estrógeno-inactivos; el número de folículos estrógeno-activos es equivalente a la tasa ovulatoria de la oveja (Webb R, England BG 1982. *Journal of Reproduction and Fertility*. 66: 169-180). Las características foliculares (número de folículos estrógeno-activos, diámetro folicular) son similares en estación reproductiva y anestro, además el mecanismo que controla el número de folículos maduros estrógeno-activos y por lo tanto la tasa ovulatoria es funcional durante el anestro estacional (Webb R, Baxter G, McBride D, Ritchie M, Springbett AJ 1992. *Journal of Reproduction and Fertility*. 94: 143-151), sugiriendo que los folículos ovulatorios en razas con tasa ovulatoria alta son seleccionados para ovular a diámetros más pequeños, lo que puede explicar una mayor tasa ovulatoria en EP2 sin haber diferencias en el número de folículos

> 6 mm comparativamente con EP1, por lo que el número de folículos > 6 mm no es un buen indicador de la tasa ovulatoria. Posiblemente algunos de los folículos de este diámetro ya estuvieran en fase de regresión y, por lo tanto, no fueron estimulados a ovular. Sin embargo, para dar explicación a este hecho, las investigaciones subsecuentes al respecto deben ser enfocadas a determinar cuál es el mecanismo de acción de los ácidos grasos a nivel ovárico y de las hormonas metabólicas que participan en promover el desarrollo folicular y, en consecuencia la tasa ovulatoria.

Con base en los resultados obtenidos en este experimento se concluye que el consumo de aceite

de soya disminuyó el número de folículos de 2-3 mm, mientras que la condición corporal no afectó la respuesta de las ovejas a la suplementación en cuanto a población folicular y tasa ovulatoria. El efecto más significativo del uso de aceite de soya se observó en la época reproductiva en la cual, aunque no se observó un incremento en el número de folículos, sí hubo un incremento en la tasa ovulatoria.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue parcialmente financiado por el Colegio de Postgraduados a través de la LPI-11 (SPAPFAyP).