

EFICIENCIA REPRODUCTIVA Y PERFIL ENDÓCRINO EN OVEJAS PRIMALAS EN BUENA CONDICIÓN CORPORAL SUPLEMENTADAS CON GRASA DE SOBREPASO

REPRODUCTIVE EFFICIENCY AND ENDOCRINE PROFILE IN PRIMIPAROUS EWES IN GOOD BODY CONDITION SUPPLEMENTED WITH BYPASS FAT

Nieto-Aquino, R.¹; Rabanales-Morales, J.L.²; Sánchez-Torres, M.T.^{2*}; Figueroa-Velasco, J.L.²; Salinas-Ríos, T.³; Martínez-Aispuro, J.A.²; Cordero-Mora, J.L.²; Rodríguez-Ortega, L.T.¹; Vargas-Monter, J.¹

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Huejutla. Ingeniería en Agronomía con especialidad en Zootecnia. Huejutla de Reyes. Hidalgo, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. ³Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Oaxaca, Oaxaca, México.

*Autor para correspondencia: teresa@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of the addition of bypass fat in primiparous ewes in good body condition (CC 3) on the reproductive variables and serum levels of insulin (INS) and progesterone (P₄).

Design/methodology/approach: A completely randomized design was used. Forty-four primiparous ewes were randomly distributed in two experimental groups: 1) In the AGS group (n=22) ewes added with 75 g of bypass fat during a period of 25 d; 2) in the SGS group (n=22) ewes without additional fat. Estrus synchronization was performed using the CIDR device for 11 d, and ewes in estrus were served. To determine serum concentrations of P₄ and INS, blood samples were collected every 48 h during supplementation.

Results: Estrus onset and presentation were not different. No differences were found in gestation and prolificacy, nor changes for the mean P₄ in serum. Serum INS concentrations showed differences during the synchronization d 8-14.

Limitations of the study: The addition of 75 g of bypass fat in ewes with BC 3 does not have effects on reproductive variables, therefore, is recommended to use it in ewes with low BC.

Findings/conclusions: The addition of bypass fat in primiparous ewes in BC 3 does not change P₄ concentrations; however, it causes variations in the concentrations of INS in blood serum without modifying the response in the reproductive variables.

Key words: Bypass fat, progesterone, insulin, ultrasonography, prolificacy, estrus.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto de la adición de grasa de sobrepaso en ovejas primíparas en buena condición corporal (CC 3) sobre las variables reproductivas y niveles séricos de insulina (INS) y progesterona (P₄).

Diseño/metodología/aproximación: El diseño experimental fue completamente al azar. Se utilizaron 44 ovejas distribuidas aleatoriamente: 1) En el grupo AGS (n=22) las ovejas recibieron 75 g de grasa de sobrepaso 2) En el grupo SGS (n=22) las ovejas permanecieron sin la adición de grasa. Se realizó la sincronización del estro con CIDR por 11 d, y las ovejas en estro recibieron monta. Para evaluar las concentraciones de P₄ e INS en suero, se colectaron muestras de sangre cada 48 h, durante la suplementación.

Resultados: La presentación e inicio del estro no fueron diferentes. No se encontraron diferencias en porcentaje de gestación, prolificidad, ni concentración de P₄ en suero. Las concentraciones de INS presentaron diferencias durante los días 8 a 14 de la sincronización.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La adición de 75 g de grasa de sobrepaso en ovejas con CC 3 no afecta las variables reproductivas, se recomienda utilizarla en ovejas con baja CC.

Hallazgos/conclusiones: La adición de grasa de sobrepaso en ovejas primíparas en CC 3 no cambia las concentraciones de P₄; sin embargo, causa variaciones en las concentraciones de INS en suero sanguíneo sin modificar la respuesta en las variables reproductivas.

Palabras clave: Grasa de sobrepaso, progesterona, insulina, ultrasonografía, prolificidad, estros.

Diversas investigaciones sugieren que la respuesta hormonal se modifica de acuerdo a la fuente energética (grasas y aceites de origen animal y vegetal). Espinoza *et al.* (2008) mencionan que la inclusión de 1.5% de grasa de sobrepaso en la dieta de ovejas pelibuey no afecta la ganancia de peso, las concentraciones de metabolitos de lípidos y P₄, aunque cuando se incluye 1.2% de grasa bovina las concentraciones de INS se incrementan. Por su parte, Nieto *et al.* (2010) reportan que el suministro de 150 g de grasa protegida en ovejas multíparas durante un periodo corto (7 d) en la sincronización del estro, no modifica las variables reproductivas pero sí influye sobre las concentraciones de P₄, INS y estradiol atribuido al estado corporal presente en este grupo de animales.

En este contexto, existe discrepancia en la determinación de los efectos del aporte energético y la condición corporal sobre la eficiencia reproductiva; por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar si la adición de grasa de sobrepaso como fuente energética durante un periodo largo (25 d) influye en las variables reproductivas y concentraciones séricas de P₄ e INS en ovejas primíparas con buena condición corporal (CC 3) durante la sincronización del estro.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la unidad ovina de la granja experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, en Texcoco, Estado de México. La granja se localiza a 98° 48' 27" de longitud oeste y a 19° 48' 23" de latitud norte, a 2241 msnm (García, 1988). El manejo de los animales se realizó de acuerdo a las normas de ética y bioseguridad del Consejo de Organiza-

INTRODUCCIÓN

La relación entre nutrición y reproducción en rumiantes es compleja, y existen distintos factores que pueden influir las respuestas a nivel del hipotálamo, glándula pituitaria y ovario (Rekik *et al.*, 2007). Si bien se ha determinado que el estado nutricional y corporal en los animales domésticos repercute directamente sobre su actividad reproductiva (Rae *et al.*, 2002), los mecanismos mediante los cuales la nutrición afecta la reproducción no están bien determinados en su totalidad, pero se estima que son mediados por cambios en los niveles de hormonas metabólicas (Scaramuzzi *et al.*, 2006).

El uso de grasas en la alimentación de rumiantes tiene como objetivo incrementar el contenido de energía en la dieta y permite comprender los procesos metabólicos entre la mejora de condición corporal (CC) y el balance energético positivo de las hembras. No obstante, la adición de grasas en la dieta modifica los niveles séricos de insulina (INS), hormona que se considera una de las principales señales del estado metabólico del animal, que pueden alterar la frecuencia y la concentración de hormona luteinizante (Downing y Scaramuzzi, 1997) además de mejorar la respuesta ovárica al interactuar con glucosa y leptina (Viñoles *et al.*, 2005). Así mismo, la adición de grasa en la dieta incrementa las concentraciones de colesterol en circulación, lo que origina una mayor síntesis de progesterona (P₄) en las células luteales que se asocian con aumento en la tasa de concepción (Robinson *et al.*, 2002).

ciones Internacionales en Ciencias Médicas (CIOMS, 1986), en cumplimiento con la ley mexicana (NOM-062-ZOO-1999) para el uso de animales en experimentación (DOF, 2001).

Animales y tratamientos

Se utilizaron 44 ovejas primíparas de las razas Dorset, en época reproductiva, con un peso promedio de 48 ± 4.2 kg y una condición corporal (CC) de 3 (escala de 1 a 5), además de una ecografía transrectal con un ultrasonido Sonovet 600 (Medison, Inc., Cypress, California, EUA) para determinar que no se encontraran gestantes.

Las ovejas se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos experimentales: 1) en el grupo AGS ($n=22$) las ovejas fueron adicionadas con 75 g de grasa de sobrepeso; 2) en el grupo SGS ($n=22$) ovejas permanecieron sin la adición de grasa de sobrepeso. Todas las ovejas se alimentaron con heno de avena (*Avena sativa*) *ad libitum* y 600 g de alimento comercial con 14% de proteína cruda (PC) y 2.4 Mcal kg^{-1} de energía metabolizable (EM), de acuerdo a los requerimientos nutricionales para ovinos (NRC, 2007), además de agua a libre acceso. Sólo al tratamiento AGS se le adicionó 75 g de grasa de sobrepeso (PALMAVIT[®], 6.4 Mcal kg^{-1} EM) durante un periodo de 25 d antes del retiro del dispositivo intravaginal.

Se determinó el espesor de grasa dorsal (GD) y área del músculo longissimus dorsi (AML) como referente de la CC en las ovejas, con un ultrasonido Sonovet 600 y un transductor de 7.5 Mhz; la medición se realizó en posición perpendicular a la línea media dorsal, entre la doceava y treceava costilla, en el costado derecho de la oveja (Silva et al., 2005). Durante el estudio se realizaron dos mediciones de GD y AML, correspondientes al inicio y final de la suplementación.

Sincronización del estro

Para la sincronización del estro en las ovejas se utilizó dispositivo intravaginal CIDR (0.3 g de progesterona, Zoetis[®]), por un periodo de 11 d. Dos d antes del retiro del dispositivo se aplicaron 65 mg de prostaglandina $F_{2\alpha}$ (cloprostenol, Celosil[®], Schering-Plough) vía intramuscular (i.m.). La monta se llevó a cabo con machos de fertilidad probada en intervalos de ocho horas posteriores al estro detectado y la gestación se confirmó a 30 d del apareamiento por ultrasonografía.

Toma de muestras y análisis de laboratorio

Se colectaron muestras de sangre (5 mL) mediante pun-

ción de la vena yugular a las 08:00 h (en ayuno). Para determinar la concentración de P_4 e INS en suero, las muestras se colectaron cada 48 h, desde el inicio de la suplementación hasta el retorno al estro. Todas las muestras se centrifugaron a 1500 g a 4 °C durante 15 min; el suero sanguíneo fue separado y almacenado en tubos de polipropileno para su conservación a -20 °C. Los análisis de P_4 se realizaron mediante ensayo inmunoenzimático (ImmunoMetrics, UK Ltd, 280 Muster Road, London SW6 6BQ). La sensibilidad analítica fue de 0.13 ng mL^{-1} con coeficiente de variación intra e inter ensayo de 9.59 y 13.7 %, respectivamente. La determinación de las concentraciones de INS se realizó por RIA con una sensibilidad de 4.09 ng mL^{-1} y coeficientes de variación intra e inter ensayo de 1.44 y 0.25%, respectivamente.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar, en donde cada oveja representó una unidad experimental. Los porcentajes de presentación de estros y gestación fueron analizados a través de la prueba de χ^2 por medio del PROC FREQ. Para el inicio y duración del estro, GD y AML, se realizó un análisis de varianza por medio del PROC GLM y la prueba de comparación de medias de Tukey. Para la concentración de P_4 e INS se realizó un análisis de varianza de mediciones repetidas a través del tiempo por medio del procedimiento PROC MIXED. Todos los procedimientos fueron realizados por medio del SAS (2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grasa dorsal y área del músculo longissimus dorsi

Al final del estudio la GD fue similar ($P>0.05$) entre el tratamiento SGS (3.062 ± 0.04 mm) y el grupo AGS (3.00 ± 0.04 mm), sin embargo, para el AML se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) siendo mayor en el grupo suplementado con grasa (AGS: 1102.08 ± 26.27 mm^2), respecto al grupo sin suplementar (SGS: 999.66 ± 25.43 mm^2).

Los resultados de GD obtenidos en el presente experimento no mostraron diferencias entre tratamientos por la adición de grasa de sobrepeso, respuesta similar reportan Nieto et al. (2010) en ovejas con alta grasa dorsal, suplementadas con grasa protegidas durante la sincronización del estro. No obstante, contrastan con los obtenidos por Bhatt et al. (2013), quienes encontraron que las grasas cálcicas influye en la deposición de GD en ovinos con mayor ganancia de peso y mejor CC final.

Los resultados del AML fueron mayores en el grupo AGS, lo cual concuerda con los hallazgos reportados por Bhatt *et al.* (2013), presentando mejoras en la composición y tamaño del músculo *longissimus dorsi* cuando se suplementó de 20 a 40 g kg⁻¹ de grasa protegida en ovejas Malpura.

Presentación e inicio del estro

La presentación del estro en respuesta a la sincronización no mostró diferencias (P>0.05) entre tratamientos, registrándose 100% de estros para ambos grupos experimentales. El inicio del estro no fue diferente entre tratamientos, presentándose a las 35.2±2.4 h en el grupo AGS y a las 38.5±3.10 h en el grupo SGS.

Referente a la respuesta e inicio del estro no se encontraron efectos por la adición de grasa de sobrepeso entre los tratamientos, lo cual concuerda con Jaramillo *et al.* (2015), al evaluar el efecto de la adición de grasas protegidas (37.5 g animal⁻¹ d⁻¹), durante la sincronización de ovejas con esponjas intravaginales y la aplicación de 200 UI de gonadotropina serica de yegua preñada (eCG) al momento de retiro de la esponja, y Akbarinejad *et al.* (2012) al evaluar diferentes niveles y perfil de ácidos grasos en dietas sobre el desarrollo reproductivo de ovejas.

Los resultados obtenidos en este trabajo también coinciden con Ali (2007), quien observó un inicio de estro de 32 h, mientras que Mustafa *et al.* (2007), reportan un inicio de estro de 34.5 h posteriores el retiro del dispositivo intravaginal, con administración de 500 UI de eCG.

Gestación y prolificidad

No se encontraron diferencias

(P>0.05) en la tasa de gestación y prolificidad por efecto de la adición de grasa de sobrepeso en la alimentación. La tasa de gestación en las ovejas a los 30 d posterior a la monta fue del 90.9% para el grupo SGS y de 100% para el grupo AGS. De igual manera, se presentó un índice de prolificidad de 1.05 para el grupo SGS y de 1.09 para las ovejas AGS, respectivamente.

La adición de grasa de sobrepeso en la dieta de ovejas durante la sincronización del estro no presentó efectos sobre la tasa de gestación y prolificidad. Sin embargo, cuando los animales se encuentran bien alimentados y cubren sus necesidades nutricionales mejoran su peso y CC a diferencia de un animal desnutrido, lo que favorece un equilibrio hormonal que coadyuva a los procesos de foliculogénesis y esteroidogénesis (Santos *et al.*, 2008); por lo tanto, la inclusión de grasas protegidas en la alimentación de ovejas con excelente CC 3 para mejorar los parámetros reproductivos resulta ser impráctico (Dos Santos *et al.*, 2017). Nieto *et al.* (2010) re-

portan que la inclusión de grasa de sobrepeso solo tiene efectos en gestación y prolificidad cuando las ovejas presentan una baja CC 2 incrementando hasta un 20% en estas variables; sin embargo, en ovejas de buena CC 3 los resultados son semejantes a los obtenidos en este experimento del 80 al 100% de ovejas gestantes y de 1.20 a 1.28 el índice de prolificidad.

Concentraciones de P₄ e INS en suero sanguíneo

No se encontraron diferencias entre tratamientos (P>0.05) para las concentraciones promedio de P₄ (AGS: 5.62±0.40 vs. SGS: 5.28±0.42 ng mL⁻¹; Figura 1) en suero durante la sincronización del estro y posterior al ciclo estral por la adición de grasa de sobrepeso; sin embargo, por efecto de interacción de los d 8 al 14 y 24 el grupo suplementado AGS presentó incrementos en las concentraciones de INS (P≤0.05; AGS: 0.37±0.01 vs. SGS: 0.22±0.01 ng mL⁻¹; Figura 2).

En este contexto, los resultados en las diversas investigaciones se

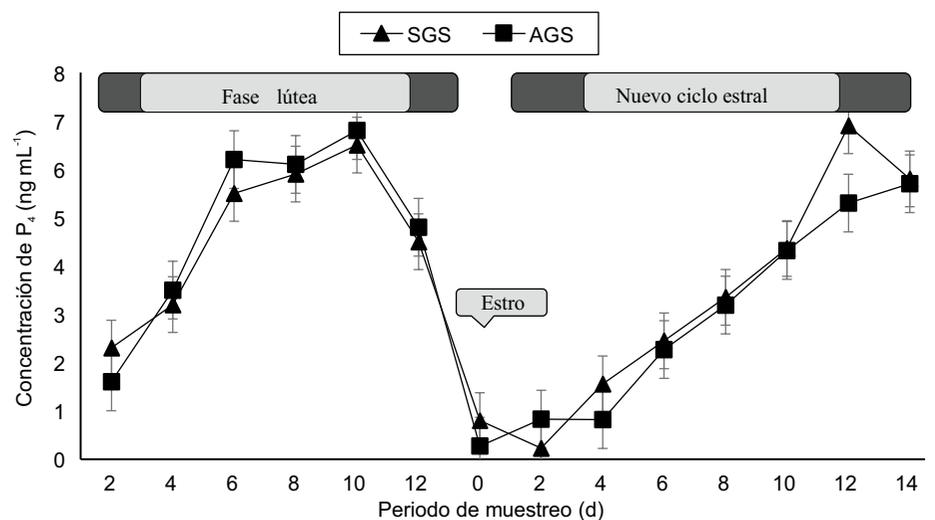


Figura 1. Concentración de progesterona en suero (media ± error estándar) en ovejas primilas adicionadas con grasa de sobrepeso durante la sincronización del estro. SGS: Grupo de ovejas sin adición de grasa de sobrepeso. AGS: Grupo de ovejas adicionadas con 75 g de grasa de sobrepeso.

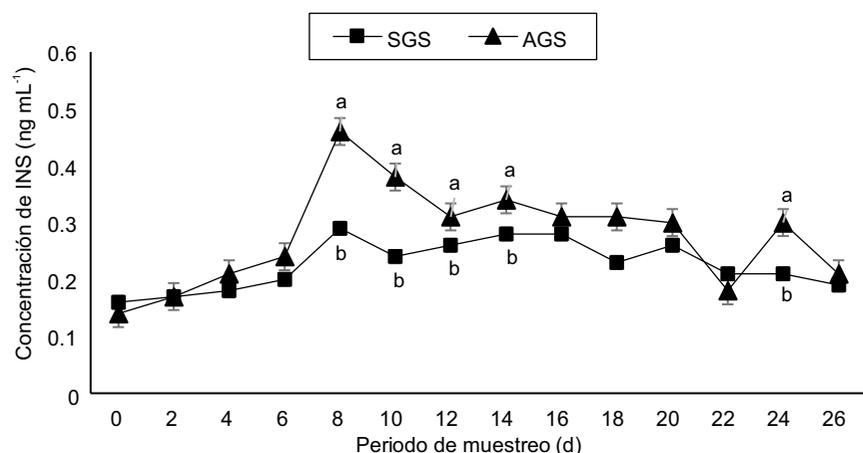


Figura 2. Concentración de insulina en suero (media \pm error estándar) en ovejas primaras adicionadas con grasa de sobrepaso durante la sincronización del estro.

SGS: Grupo de ovejas sin adición de grasa de sobrepaso.

AGS: Grupo de ovejas adicionadas con 75 g de grasa de sobrepaso

^{a, b} Valores con distinta literal entre líneas son diferentes ($P \leq 0.05$).

presentan de manera contradictoria y compleja; Nieto et al. (2010), encontraron que la concentración de P_4 fue mayor en ovejas sin la adición de grasa protegida respecto a las suplementadas; sin embargo, sus resultados difieren con lo obtenido por algunos autores (Espinoza et al., 2008; Bhatt et al., 2013), donde las concentraciones de P_4 en ovejas fueron menores en hembras testigo, comparadas con las que recibieron grasa de sobrepaso (ácidos grasos de cadena larga con sales de calcio).

Se ha reportado que la inclusión de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta influyen sobre la concentración de P_4 en suero (Robinson et al., 2002), éste efecto podría ser mediado por una secreción temprana de prostaglandinas (PG) $F_{2\alpha}$, debido a que los ácidos grasos poliinsaturados tienen la capacidad de estimular la síntesis de $PGF_{2\alpha}$ a través de competencia enzimática, en particular por el ácido linoleico, principal sustrato en la conversión del ácido araquidónico y precursor de las $PGF_{2\alpha}$ (Mattos et al., 2004). Al respecto, Espinoza et al. (2010) mencionan que las grasas incrementan la concentración de P_4 durante la fase lútea del ciclo estral, modulando la síntesis de $PGF_{2\alpha}$ en el útero, mejorando la calidad y capacidad de desarrollo tanto del ovocito como del embrión.

Por otra parte, las concentraciones de INS en suero mostraron efecto por la interacción de la adición de grasa de sobrepaso durante los d 8 al 14 en la sincronización del estro; resultados similares presentan Hashem y Zarkouny (2014) quienes suplementaron con 50 g d⁻¹ de grasa protegida durante 9 d en la sincronización de ovejas múltiparas.

Se ha reportado que la suplementación con grasas protegidas (Megalac[®]) en ovejas y vacas disminuyen las concentraciones de INS en suero (Espinoza et al., 1997; Garnsworthy et al., 2008), debido al bajo consumo de materia seca ocasionado por el efecto negativo de las grasas en la fermentación ruminal. Sin embargo, en el presente estudio las ovejas AGS presentaron incrementos en las concentraciones de INS lo que indica un mejor estado metabólico que el grupo de ovejas SGS.

De acuerdo con Espinoza et al. (2008), la inclusión de 1.5% de grasas cálcicas en la dieta de ovejas no modifica la concentración de INS, sin embargo, en

el tratamiento con fuente de grasa bovina al 1.2% de la dieta las concentraciones de INS fueron mayores; Nieto et al. (2010) reportan que la adición de 150 g de grasa de sobrepaso (Megalac[®]) durante la sincronización del estro en ovejas no influye sobre secreción de INS, no obstante, señalan que ovejas con una CC 3 presentan incrementos en las concentraciones de INS respecto a ovejas de CC 2.

CONCLUSIÓN

La adición de grasa de sobrepaso como aporte energético en ovejas primaras con CC 3 durante la sincronización del estro no cambia las concentraciones de P_4 ; sin embargo, causa variaciones en las concentraciones de INS en suero sanguíneo, aunque esto no fue determinante para modificar la respuesta en las variables reproductivas.

LITERATURA CITADA

- Akbarinejad V., Niasari-Naslaji A., Mahmoudzadeh H., Mohajer M. 2012. Effects of diets enriched in different sources of fatty acids on reproductive performance of zel sheep. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 13: 310-316.
- Ali A. 2007. Effect of time of eCG administration of follicular response and reproductive performance of FGA-treated Ossimi ewes. *Small Ruminant Research*. 72: 33-37.
- Bhatt R.S., Sahoo A., Shinde A.K., Karim A.S. 2013. Change in body condition and carcass characteristics of cull ewes fed diets supplemented with rumen bypass fat. *Livestock Science*. 157: 132-140.
- CIOMS (Council for International Organizations of Medical Sciences). 1986. "International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals". CIOMS, Geneva, Switzerland.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2001. "Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999: Especificaciones técnicas para la

- producción, cuidado y uso de animales de laboratorio". México, D. F.
- Dos Santos M. P., Marcondes M. M., Sousa C.L., Moura A.R., Barbosa S. C. 2017. Productive and reproductive performances of Santa Inês ewes fed diets supplemented with protected fat in the postpartum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 52: 548-556.
- Downing J.A., Scaramuzzi R.J. 1997. The effect of the insulin during the luteal phase of the cycle on the ovulation rate and on the plasma concentrations of LH, FSH, and glucose in ewes. *Theriogenology* 47: 747-759.
- Espinoza J., Palacios L.A., Ortega R., Guillén A. 2008. Efecto de la suplementación de grasas sobre las concentraciones séricas de progesterona, insulina, somatotropina y algunos metabolitos de los lípidos en ovejas Pelibuey. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 40: 135-140.
- Espinoza J.L., Ramírez-Godínez J.A., Simental S.S., Jiménez J., Ramírez R., Palacios A., De Lun R. 1997. Effects of calcium soaps of fatty acids on serum hormones and lipid metabolites in Pelibuey ewes. *Small Ruminant Research*. 26: 61-68.
- Espinoza V., Ortega P., Palacios E., Guillén T. 2010. Efecto de la suplementación de grasas sobre características productivas, tasas de preñez y algunos metabolitos de los lípidos en vacas para carne en pastoreo. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 42: 25-32.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Primera parte. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 4 edición. México D. F.
- Garnsworthy P.C., Lock A., Mann G.E., Sinclair K.D., Webb R. 2008. Nutrition, metabolism, and fertility in dairy cows: 2. Dietary fatty acids and ovarian function. *Journal of Dairy Science*: 3824-3833.
- Hashem N.M., Zarkouny S.Z. 2014. Effect of short-term supplementation with rumen-protected fat during the late luteal phase on reproduction and metabolism of ewes. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 98: 65-71.
- Jaramillo D., Salem A., Sánchez D., Rojo R., Hernández M., Cano R., Vázquez A. 2015. Reproductive performance of pubertal alpine goats supplemented with bypass fat and minerals. *Life Science Journal*. 12: 113-116.
- Mattos R., Staples C. R., Thatcher W. W. 2000. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. *Reviews of Reproduction*. 5: 38-45.
- Mustafa Q. H., Ababneh M. M., Abu-Ruman D. S. 2007. The effects of short or long term FGA treatment with or without eCG on reproductive performance of ewes bred out-of-season. *American Journal of Animal Veterinary Science*. 2: 23-28.
- NRC (National Research Council). 2007. Nutrient requirements of small ruminants. Sheep, goats, cervids and new world camelids. National Academy Press. Washington D. C.
- Nieto R., Sánchez-Torres M.T., Mejía O., Olivares L., Peralta J.J., Cordero J.L., Molina P., Cárdenas M. 2010. Grasa de sobrepeso en ovejas con diferente espesor de grasa dorsal, respuesta hormonal y principales variables reproductivas. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias-LUZ*. 20: 665-673.
- Rae M. T., Kyle C. E., Miller D. W., Hammond A. J., Brooks A. N., Rhind S.M. 2002. The effects of undernutrition, in utero, on reproductive function in adult male and female sheep. *Animal Reproduction Science*. 72: 63-71.
- Rekik M.N., Lassoued H., Ben Salem M., Mahouachi M. 2007. Interactions between nutrition and reproduction in sheep and goats with particular reference to the use of alternative feed sources. *Options Méditerranéennes*. 74: 375-383.
- Robinson R.S., Pushpakumara P.G.A., Cheng Z., Peters A.R., Abayasekara D.R.E., Wathes D.C. 2002. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian and uterine function in lactating dairy cows. *Reproduction* 124: 119-131.
- Santos J.E.P., Bilby T.R., Thatcher W.W., Staples C.R., Silvestre F.T. 2008. Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. *Reproduction of Domestic Animals*. 43: 23-30.
- Scaramuzzi R.J., Campbell B.K., Downing J.A., Kendall N.R., Khalid M., Muñoz-Gutiérrez M., Somchit A. 2006. A review of effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reproduction Nutrition and Development*. 46: 339-354.
- Silva S.R., Gomes M.J., Dias da Silva A., Gil L.F., Azevedo J.M.T. 2005. Estimation *in vivo* of the body and carcass chemical composition of growing lambs by real-time ultrasonography. *Journal of Animal Science*. 83: 350-357.
- SAS (Statistical Analysis System Institute). 2009. SAS User's Guide: Statistics (Version 5). Cary, N.C. U.S.A. Inst. Inc.
- Viñoles C., Forsberg M., Martin G.B., Cajarville C., Repetto J., Meikle A. 2005. Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition effects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. *Reproduction* 129: 299-303.