

INFLUENCIA DE ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS EN OVEJAS PRIMALAS INSEMINADAS MEDIANTE LAPAROSCOPIA³

[INFLUENCE OF POLYUNSATURATED FATTY ACIDS IN INSEMINATED PRIMATE EWES BY LAPAROSCOPY]

Montserrat García-Vite¹, Rafael Nieto-Aquino^{1§}, David Hernández-Rodríguez¹, Blas Hernández-Rodríguez¹, Roberto Jiménez-San Juan¹, Pánfilo Saldaña-Campos¹, Jesús Hernández-Aguilera¹, Salomón Blas-Hernández¹

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Huejutla. Ingeniería en Agronomía con especialidad en Zootecnia. Huejutla de Reyes, Hidalgo. C.P. 43000.

[§]Autor para correspondencia: (nietoquinorafael@gmail.com).

RESUMEN

El objetivo fue examinar la adición de AGP ω -3 en dieta basada en harina y aceite de pescado el perfil hormonal de progesterona (P_4) insulina (INS) y variables reproductivas en ovejas primaras inseminadas mediante la técnica de laparoscopia (IAL). Cuarenta y dos ovejas fueron asignadas a dos grupos experimentales: grupo AGP (n=21) con harina y aceite de pescado (4 y 0.8% bms) y el grupo testigo (TES, n=21) sin la adición de estos ingredientes. La sincronización del estro inició con esponjas de cronolone durante 11 días al momento de su retiro las ovejas recibieron una inyección intramuscular de 200 UI de eCG. La IAL inicio a las 48 h retirada la esponja y detectado el estro. La presentación de estros no fue diferente ($p \geq 0.05$) entre grupos; sin embargo, el inicio del estro fue diferente ($p \leq 0.05$; TES: 35.1 ± 2.1 ; AGP 41.0 ± 1.8 h). No se encontraron diferencias en concentraciones promedio P_4 (AGP: 3.8 ± 1.2 ; TES: 3.5 ± 1.4 ng mL⁻¹) e INS en suero (AGP: 0.12 ± 0.02 ; TES: 0.13 ± 0.03 ng mL⁻¹). La alimentación con AGP no influyó sobre la gestación, pero si en la prolificidad entre tratamientos ($p \leq 0.05$). Se concluye que la adición de AGP durante un periodo corto en ovejas modifica el inicio del estro y prolificidad.

Palabras clave: Ácidos grasos poliinsaturados, insulina, laparoscopia, ovejas, progesterona.

ABSTRACT

This study was conducted to assess the effect of AGP ω -3 diet that included fish oil and meal on the progesterone (P_4) and insulin (INS) profile, and on reproductive variables in virgin ewes artificially inseminated by laparoscopy (AIL). Forty-two Dorset ewes were assigned to two experimental groups: first group (FMO, n=21) fed a diet supplemented with fish meal and oil (4 and 0.8%), as well as to a control group (CON, n=21) with no supplementation. The synchronization of estrus onset with chronolone sponges for 11 days. When sponges were removed, the ewes received 200 IU of eCG. The AIL began 48 h after sponge removal and estrus detection. The time of estrus onset was different among groups ($p < 0.05$; CON: 35.1 ± 2.1 ; FMO: 41.0 ± 1.8 h). No differences in average P_4 concentrations (FMO: 3.8 ± 1.2 ; CON: 3.5 ± 1.4 ng mL⁻¹) or INS in serum (FMO: 0.12 ± 0.02 ; CON: 0.13 ± 0.03 ng mL⁻¹). Adding fish meal and oil to the diet did not affect pregnancy percentage but it did affect the prolificacy index ($p < 0.05$). It was concluded that the addition of fish meal and oil to the diet of virgin ewes over a short period modifies time of estrus onset and prolificacy.

Key words: Polyunsaturated fatty acids, insulin, laparoscopy, sheep, progesterone.

³Recibido: 14 de junio de 2021

Aceptado: 24 de septiembre de 2021

INTRODUCCIÓN

La fertilidad de la hembra bajo el uso de la inseminación artificial por laparoscopia (IAL) es influenciada por diversos factores como el estado nutricional, fisiológico, y corporal de la hembra, aunado al sistema de la granja y elementos ambientales (Paulenz *et al.*, 2002; Anel *et al.*, 2005).

Actualmente existe interés en comprender los mecanismos que regula la nutrición sobre los aspectos reproductivos y su impacto en la fertilidad (Hess *et al.*, 2008). La suplementación con dietas energéticas durante periodos cortos en los días 9 al 13 del ciclo estral modifican la secreción de hormonas metabólicas, las oleadas foliculares y tasa ovulatoria (Viñoles *et al.*, 2005; Scaramuzzi *et al.*, 2006); la adición de ácidos grasos poliinsaturados (AGP) pueden influir de forma positiva en el crecimiento del folículo ovulatorio, desarrollo embrionario, actividad uterina, componentes de membrana celular, síntesis de esteroides y prostaglandinas (Heravi *et al.*, 2007; Zachut *et al.*, 2008).

Estudios recientes indican que los AGP ω -3 suprimen la síntesis de $\text{PGF}_{2\alpha}$ mediante la reducción de su precursor el ácido araquidónico, lo que repercute de manera directa sobre la regresión lútea y favorece al reconocimiento materno; no obstante, existe poca información que pruebe estas teorías en ovinos (Thangavelu *et al.*, 2007; Childs *et al.*, 2008).

El objetivo de la presente investigación fue examinar el efecto de una alimentación focalizada con una dieta enriquecida en AGP ω -3 basada en harina y aceite de pescado sobre el perfil hormonal de progesterona (P_4), insulina (INS) y las variables reproductivas en respuesta del estro, gestación y prolificidad en ovejas primaras inseminadas mediante la técnica de laparoscopia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la unidad ovina de la granja experimental del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. Localizada a $98^{\circ} 48' 27''$ de longitud oeste y a $19^{\circ} 48' 23''$ de latitud norte, a 2,241 msnm. El clima es templado subhúmedo con una precipitación media anual de 632.5 mm y una temperatura entre 12 y 18 °C (García, 1988).

Animales y tratamientos

Se utilizaron 42 ovejas de las razas Dorset; en época reproductiva, con un peso promedio de 54 ± 4.2 kg y una condición corporal de 3 en escala de 1 a 5 (Russel *et al.*, 1969); las cuales fueron previamente desparasitadas (IVOMEC[®], Merial) y vitaminadas (Vigantol A.D.E[®], Bayer). Además, se realizó una ecografía transvaginal con un ultrasonido SONOVET 600 para determinar que no se encontraran gestantes. Las ovejas fueron distribuidas aleatoriamente en dos grupos para la asignación de los tratamientos experimentales. Los tratamientos evaluados fueron dos dietas isoenergéticas e isoproteicas: el grupo AGP (n=21) adicionada con harina y aceite de pescado (4 y 0.8%, respectivamente; con base en materia seca) y grupo testigo (TES, n=21) sin la adición de estos ingredientes (Cuadro 1). Ambas dietas se formularon para cubrir los requerimientos de proteína cruda (14%) y energía metabolizable (2.6 Mcal kg^{-1}) recomendado por el NRC de ovinos (2007).

Las ovejas fueron alojadas en jaulas individuales de 1.2 x 2.0 m (2.4 m^2), ofreciendo por animal 0.8 kg d^{-1} de alimento, posteriormente a la alimentación fueron liberadas en corrales con

sombra en donde recibieron agua a libre acceso. El periodo corto de alimentación en las ovejas con las dietas experimentales fue durante 15 días, iniciando cuatro días antes de la sincronización del estro y terminando el día del retiro de la esponja intravaginal.

Cuadro 1. Contenido de nutrientes en las dietas experimentales adicionadas con harina y aceite de pescado (AGP) y grupo testigo (TES).

Ingredientes (% MS ^a)	Dieta experimental	
	AGP	TES
Maíz	33.64	25.09
Sorgo	10.13	10.15
Pasta de soya	7.43	13.75
Harina de pescado	4.01	-
Aceite de pescado	0.84	-
Heno de avena	37.40	44.46
Melaza	4.75	4.76
Mezcla mineral ^b	1.80	1.79
Análisis determinado		
Proteína cruda (%)	14.20	14.45
Energía bruta (Mcal kg ⁻¹)	2.64	2.61
Calcio (%)	0.45	0.42
Fosforo (%)	0.36	0.31

^aMS: Materia seca. ^bMezcla mineral: Fosforo 10%, Calcio 12%, Hierro 0.5%, Magnesio 0.1%, Cobre 0.15%, Zinc 0.12%, Manganeseo 0.055%, Cobalto 0.05%, Yodo 0.02%, Selenio 200 ppb, Vitamina A 50000 UI.

Sincronización del estro

Las ovejas fueron pre-sincronizadas con dos aplicaciones de prostaglandinas F_{2α} (65 mg de cloprostenol, Celosil[®], Schering-Plough.) a intervalos de ocho días cada una, para que todas las ovejas presentaran la misma fase del ciclo estral; seis días después de la última aplicación se colocó intravaginalmente a cada oveja una esponja con 20 mg de cronolone, (Chronogest[®], Intervet), durante un periodo de 11 días, al momento del retiro recibieron una inyección intramuscular de 200 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG, Folligon[®], Intervet).

La detección del estro se inició 24 h después del retiro de la esponja con ayuda de sementales con mandil; posteriormente se monitoreó el comportamiento del estro cada 6 h, durante 48 h, para determinar el inicio del mismo antes de la IAL. El diagnóstico de gestación se confirmó a los 30 días posteriores de la inseminación utilizando un equipo de ultrasonido Sonovet 600 con un transductor de 7,5 MHz, por vía transrectal (Medison, Inc., Cypress, California, EUA).

Inseminación artificial por laparoscopia

Todas las ovejas fueron dietadas durante 24 h antes de ser inseminadas con semen congelado (pajillas de 0.25 mL, con 90×10^6 espermatozoides). La tranquilización preanestésica se realizó con una inyección intramuscular de hidrocloreuro de xilacina al 2% (Rompun[®], Bayer) en una dosis de 0.1 mL 10 kg^{-1} de peso vivo; como anestésico se aplicó ketamina (Anesket[®], Pisa) en una dosis de 0.2 mL 10 kg^{-1} de peso vivo por vía endovenosa (Mejía, 1997). La inseminación artificial se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Ramírez *et al.* (2005).

Toma de muestras y análisis de laboratorio

Las muestras de sangre (5 mL) fueron colectadas mediante punción de la vena yugular a las 09:00 h (2 h después de la alimentación). Para determinar la concentración de P_4 en suero, las muestras se colectaron dos días antes de insertar las esponjas, y posteriormente cada 48 h durante el ciclo estral sincronizado (12 días). Las muestras de INS se colectaron cada 48 h durante 15 días, periodo correspondiente a la alimentación con las dietas experimentales. Todas las muestras se centrifugaron a 1500 g a 4 °C durante 15 min en una centrífuga (IEC Centra 8R, International Equipment Company, EUA); el suero sanguíneo fue separado y almacenado en tubos de polipropileno para su conservación a -20 °C en un congelador hasta realizar el análisis hormonal. 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.

Las dietas experimentales fueron analizadas en el laboratorio para determinar la concentración de proteína cruda por el método de Kjeldahl (AOAC, 1990); energía bruta en una bomba calorimétrica adiabática (Oxygen Bomb Calorimeter, Parr Instruments Co. Illinois, EUA), siguiendo la metodología propuesta por Tejada (1992); calcio por espectrofotometría de absorción atómica (Espectrofotómetro Varian Spectr AA 10 plus, Varian, Australia), y fósforo total por espectrofotometría de absorción de rayos UV (Espectrofotómetro Varian Cary 1E UV-vis, Varian, Australia), siguiendo las metodologías de Fick *et al.* (1979). La determinación de lípidos totales de las dietas experimentales se realizó siguiendo el método 923.07 de la AOAC (2000) (Cuadro 2).

La identificación y cuantificación de los ácidos grasos se realizó por cromatografía de gases en un equipo Varian 3400 CX (Varian Inc., Palo Alto, CA, USA) con auto-muestreador 8400 y detector de ionización de flama; la columna utilizada fue una DB23 (30 m X 0.25 mm d.i., Varian Inc., Palo Alto, CA, USA), utilizando N₂ como gas acarreador a un flujo de 30 mL min⁻¹. La concentración de los ácidos grasos de la muestra se calculó utilizando el área de cada pico con relación al área conocida del estándar.

Cuadro 2. Perfil de ácidos grasos poliinsaturados en las dietas experimentales adicionadas con harina y aceite de pescado (AGP) y grupo testigo (TES).

Esteres metílicos de ácidos grasos (%)	Dieta experimental	
	AGP	TES
Palmítico	9.18	14.23
Palmitoleico	0.41	1.13
Heptadecanoico	N.D.	2.86
Estearico	3.15	4.29
Oleico	25.60	28.05
Linoleico	52.20	40.12
α -Linolénico	4.28	2.64
Araquídico	0.65	0.46
Eicosenoico	0.28	1.23
Eicosapentanoico	0.89	0.30
Erúcico	1.16	1.09
Lignocérico	0.14	0.16
Otros	2.15	2.85
Saturados	13.12	22.63
Monoinsaturados	27.45	31.50
Poliinsaturados	59.52	45.91

N. D: No detectable.

Análisis estadístico

Se realizó un diseño completamente al azar, en donde cada oveja representó una unidad experimental. El porcentaje de presentación de estros y gestación fueron analizados a través de la prueba de χ^2 por medio del PROC FREQ. Para el inicio del estro se realizó un análisis de varianza por medio del PROC GLM y la prueba de comparación de medias de Tukey. Para la concentración de P₄ e INS se realizó un análisis de varianza de mediciones repetidas a través del tiempo por medio del procedimiento PROC MIXED, el cual incluyó efectos fijos del tratamiento y día, e interacción de ambos. Para este procedimiento, la estructura de covarianza fue modelada usando el efecto de la oveja dentro del grupo, determinándose para la presente variable usar la estructura autoregresiva de primer orden (AR 1) para determinar la correlación entre las mediciones secuenciales dentro del mismo animal (Littell *et al.*, 1998). Los valores medios fueron comparados por el método de medias de mínimos cuadrados (Herrera y Barreras, 2005). Todos los procedimientos fueron realizados por el paquete del sistema de análisis estadístico (SAS, 2009).

RESULTADOS

Presentación e inicio del estro

La respuesta del estro a la sincronización no mostró diferencias ($p \geq 0.05$) entre tratamientos, registrando 95% para el grupo TES y 100% para el grupo AGP; el inicio del estro fue diferente entre tratamientos ($p \leq 0.05$), con un inicio temprano el grupo TES (35.1 ± 2.1 h) en relación al grupo experimental AGP (41.0 ± 1.8 h) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Respuesta de las variables reproductivas en ovejas adicionadas con harina y aceite de pescado e inseminadas mediante laparoscopia.

Variables reproductivas	Tratamientos	
	AGP (n=21)	TES (n=21)
Respuesta del estro (%)	100 (21/21)	95.2 (20/21)
Inicio del estro (h) ^{†1}	41.0 ± 1.8^a	35.1 ± 2.1^b
Gestante (%) ²	52	57
Índice de prolificidad ³	1.68^a	1.25^b

AGP: Grupo suplementado con harina y aceite de pescado. TES: Grupo testigo. ¹Tiempo referido al retiro de la esponja de FGA. ²Basado en los perfiles de P₄ en suero y ultrasonografía en el día 30. ³Número de corderos nacidos por oveja parida. ^{a, b} Valores con distinta literal entre columnas son diferentes ($p < 0.05$). [†]Medias \pm error estándar.

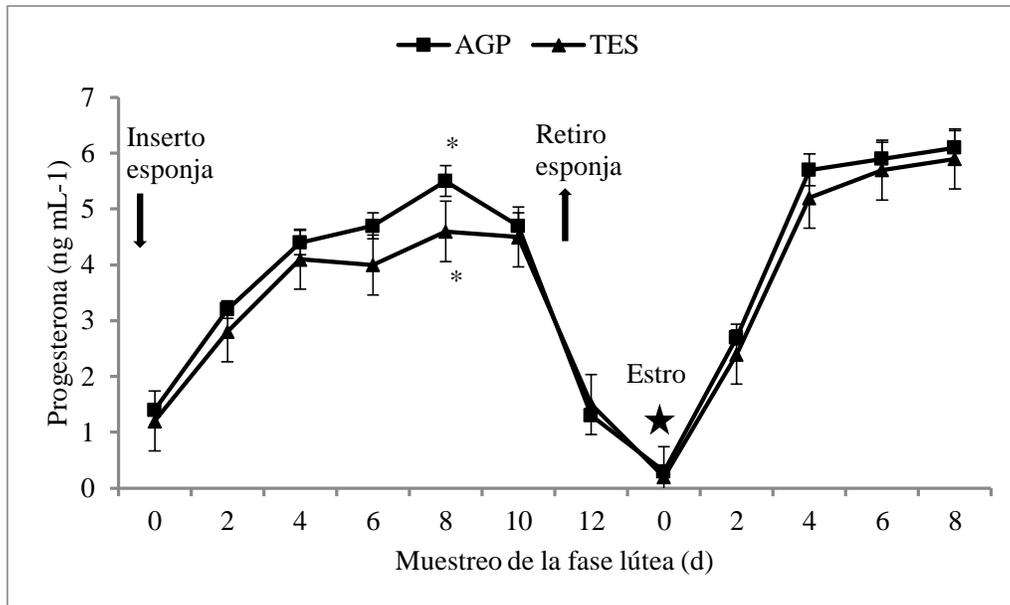
Perfil hormonal

Progesterona (P₄)

No se encontraron diferencias entre tratamientos ($p \geq 0.05$) por efecto de la adición de ácidos grasos poliinsaturados en las concentraciones promedio de P₄ en suero (AGP: 3.8 ± 1.2 ; TES: 3.5 ± 1.4 ng mL⁻¹) no obstante si fue diferente ($p \leq 0.05$) la concentración de P₄ en el d 8 de la fase lútea sincronizada (AGP: 5.5 ± 1.4 ; TES: 4.2 ± 1.2 ng mL⁻¹), antes del retiro de la esponja (Figura 1).

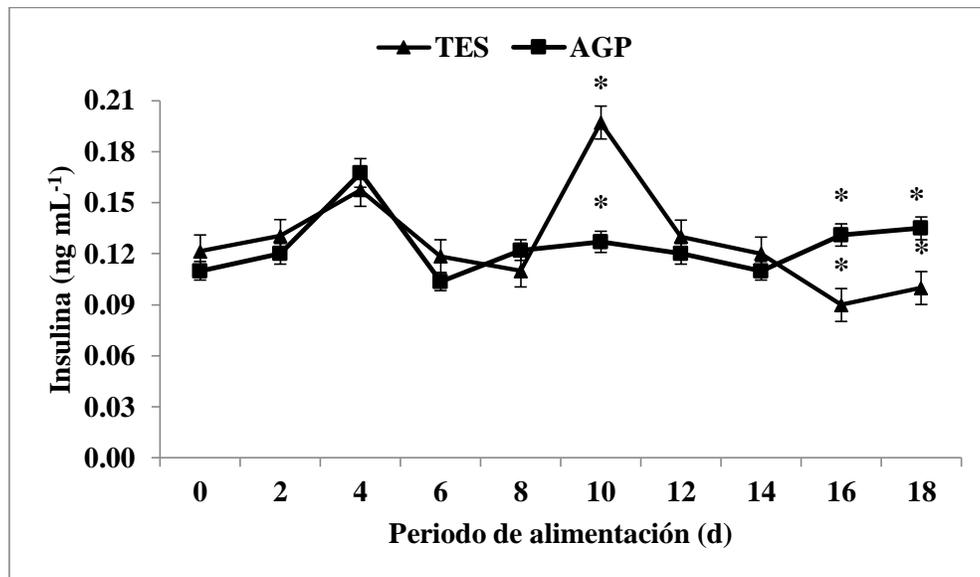
Insulina (INS)

No se encontraron diferencias entre tratamientos ($p \geq 0.05$) por efecto de la adición de ácidos grasos poliinsaturados en las concentraciones promedio de INS en suero (AGP: 0.12 ± 0.02 ; TES: 0.13 ± 0.03 ng mL⁻¹) sin embargo, las concentraciones de INS si se vieron influenciadas ($p \leq 0.05$) por la interacción de dieta X tiempo los d 10, 16 y 18, correspondientes al periodo de alimentación (AGP 0.13 ± 0.06 , 0.13 ± 0.04 , 0.14 ± 0.02 ; TES: 0.20 ± 0.01 , 0.09 ± 0.04 , 0.10 ± 0.03 ng mL⁻¹, respectivamente) (Figura 2).



AGP: Grupo adicionado con harina y aceite de pescado. **TES:** Grupo Testigo. *Indica diferencia estadística ($p < 0.05$) con respecto al grupo testigo.

Figura 1. Concentración de progesterona durante la fase lútea sincronizada de ovejas adicionadas con harina y aceite de pescado (AGP) y grupo testigo (TES).



AGP: Grupo adicionado con harina y aceite de pescado. **TES:** Grupo Testigo. *Indica diferencia estadística ($p < 0.05$) con respecto al grupo testigo.

Figura 2. Concentración de insulina en ovejas adicionadas con harina y aceite de pescado (AGP) y grupo testigo (TES).

Gestación y prolificidad

El porcentaje de ovejas gestantes entre tratamientos no fue diferente ($p \geq 0.05$; TES: 55 y AGP: 52% (Cuadro 3). Sin embargo, existió diferencias con respecto al índice de prolificidad ($p \leq 0.05$), mostrando un índice mayor el grupo AGP (1.68) respecto al grupo TES (1.25).

DISCUSIÓN

Presentación e inicio del estro

La respuesta del estro entre tratamientos a la sincronización con esponjas intravaginales (95 y 100%, TES y AGP, respectivamente) es semejante a otras investigaciones en las que reportan 87, 90 y 100% de estros (Urviola *et al.*, 2005; Mustafa *et al.*, 2007). En lo que se refiere al inicio del estro para el tratamiento TES (35.1 ± 2.1 h) es similar a lo reportado en otras investigaciones. Ali (2007) observó un inicio de estro de 32 ± 5.6 h, después de retirada la esponja; mientras que Mustafa *et al.* (2007) reportan un inicio de estro de 34.5 ± 2.6 h posterior al retiro del dispositivo y la administración de 500 UI de eCG; sin embargo, en este experimento solo se aplicaron 200 UI de eCG debido al posible efecto negativo que causan las elevadas dosis de eCG sobre la tasa de fertilidad probablemente por el desarrollo de folículos quísticos anovulatorios, no obstante, existen diversos estudios en donde la dosis de 200 UI de eCG en combinación con progestagenos y $\text{PGF}_{2\alpha}$ presenta resultados aceptables a la sincronización de estros (Ramírez *et al.*, 2005; Martemucci y Alessandro, 2011).

Por otra parte, el grupo AGP presentó un estro más tardío (41.0 ± 1.8 h), posiblemente este efecto se debió al incremento de P_4 en el día 8 antes del retiro de la esponja (Figura 1). Sin embargo, en diversas investigaciones se ha observado que la alimentación con harina y aceite de pescado no afecta las concentraciones de P_4 en suero (Wamsley *et al.*, 2005; Childs *et al.*, 2008), por lo tanto, los mecanismos por los cuales los AGP pueden influir sobre el inicio del estro no son todavía conocidos y requieren investigaciones futuras.

Concentraciones de progesterona (P_4) e insulina (INS) en suero

Las concentraciones de P_4 en la presente investigación no se vieron influenciadas por la alimentación de ambos tratamientos (AGP y TES), y de acuerdo con la literatura el comportamiento de P_4 en contexto de los AGP es inconsistente, en algunos reportes su concentración en suero incrementa (Stronge *et al.*, 2005), en otros disminuye (Robinson *et al.*, 2002; Nieto *et al.*, 2010) o simplemente no cambia (Mattos *et al.*, 2002; Heravi *et al.*, 2007).

Referente al incremento de la concentración de P_4 en el día 8 de la fase lútea sincronizada no existe una relación directa con los AGP proporcionados en la dieta, no obstante, resultados parecidos se muestra en un estudio donde alimentaron vacas Holstein con dietas enriquecidas en ácidos grasos insaturados basadas en semillas de linaza y girasol (AGI: ácidos linoleico y α -linolenico) comparada a una dieta con ácidos grasos saturados (SAT: ácidos palmítico y esteárico), presentando una mayor concentración de P_4 en las vacas alimentadas con AGI durante los d 7 y 8 de la fase lútea respecto a la dieta SAT (Thangavelu *et al.*, 2007).

Wamsley *et al.* (2005), sugieren que los AGP ω -3 presentes en la harina de pescado pueden disminuir la señal luteolítica en vacas con baja concentración de P_4 durante la fase lútea mediante

la supresión en la síntesis de $\text{PGF}_{2\alpha}$, lo que repercute de manera positiva en la fertilidad de la hembra, no obstante, en la presente investigación no se midió el efecto de los AGP ω -3 en la secreción de $\text{PGF}_{2\alpha}$.

La INS es una hormona metabólica esencial en los procesos reproductivos, existe evidencia de que la INS en plasma puede ser manipulada por la suplementación de AGP; sin embargo, en la presente investigación la concentración de INS en suero no fue influenciada por efecto de los AGP presente en la dieta y tampoco por la dieta TES; no obstante, el grupo AGP presentó incrementos en el periodo terminal de la alimentación (16 y 18 d). Garnsworthy *et al.* (2008a), encontraron que la INS en vacas disminuye cuando cambia la alimentación de dietas isoenergéticas enriquecidas de almidón a dietas altas en grasa; en un segundo experimento Garnsworthy *et al.* (2008b), probaron la hipótesis de que la INS presenta una correlación negativa con el consumo de grasa en la dieta, cuando el animal excede los 15 g kg^{-1} de materia seca (MS) en la dieta (Megalac), este efecto se atribuye a la estimulación de la colecistoquinina y la liberación de polipéptidos pancreáticos independientemente del consumo de MS (Choi *et al.*, 2000).

Gestación y prolificidad

Los resultados obtenidos en la tasa de gestación no estuvieron influenciados por las dietas experimentales (AGP y TES), sin embargo, el índice de prolificidad presentó un incremento el grupo de ovejas alimentadas con AGP respecto al grupo TES, se menciona que la alimentación con una dieta energética durante un periodo corto (5–7 d) incrementa las oleadas foliculares y el número de folículos en crecimiento, este efecto es inmediato y regulado por hormonas reproductivas y metabólicas (Viñoles *et al.*, 2005; Scaramuzzi *et al.*, 2006), no obstante, en este estudio la dieta AGP no modificó las concentraciones promedio de INS y P_4 , pero posiblemente si influyó sobre la tasa ovulatoria. Herrera-Camacho *et al.* (2008), reportan un aumento en la tasa ovulatoria en ovejas superovuladas suplementadas con AGP presentando mayor número de embriones.

En la presente investigación se esperaba que la dieta enriquecida con AGP incrementara la tasa de concepción, debido al efecto de los AGP (ω -3) sobre la disminución en la síntesis de $\text{PGF}_{2\alpha}$ y el reconocimiento materno (Bilby *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2008); sin embargo; la mayoría de estas investigaciones se han realizado en vacas y durante periodos de suplementación mayores a 35 días, no obstante queda establecido que el periodo corto de suplementación con AGP no modifica la tasa de gestación pero si influye sobre la prolificidad.

CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente experimento, se concluye que la adición de AGP en la dieta durante un periodo corto en ovejas primaras no modificó las variables reproductivas respecto a la presentación del estro y tasa de gestación, no obstante, si influyó sobre la prolificidad. Las concentraciones de P_4 e INS presentaron pequeñas variaciones por efecto de los AGP, aunque estas no fueron determinantes, se requieren investigaciones con mayores niveles de AGP en la dieta para determinar los efectos y comprender los mecanismos que regulan estos procesos en la oveja.

LITETATURA CITADA

- Ali, A. 2007. Effect of time of eCG administration of follicular response and reproductive performance of FGA-treated Ossimi ewes. *Small Rum. Res.* 72, 33–37.
- Anel, L., M. Kaabi, B. Abroug, M. Alvarez, E. Anel, J.C. Boixo, L.F. De la Fuente and P. De la Paz. 2005. Factors influencing the success of vaginal and laparoscopic artificial insemination in churra ewes: a field assay. *Theriogenology.* 63, 1235-1247.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1990. Official methods of analysis .15th ed. Arlington (VA). 1298 p.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Arlington, D.C. 556 p.
- Bilby, T.R., J. Block, B.C. Do Amaral, T. Sa Filho, F.T. Silvestre, P.J. Hansen, C.R. Staples and W.W. Thatcher. 2006. Effects of dietary unsaturated fatty acids on oocyte quality and follicular development in lactating dairy cows in summer. *J. Dairy Sci.* 89, 3891-3903.
- Childs, S., A.A. Hennessy, J.M. Sreenan, D.C. Wathes, Z. Cheng, C. Stanton, M.G. Diskin and D.A. Kenny. 2008. Effect of level of dietary n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on systemic and tissue fatty acid concentrations and on selected reproductive variables in cattle. *Theriogenology.* 70, 595-611.
- Choi, B.R., D.L. Palmquist and M.S. Allen. 2000. Cholecystokinin mediates depression of feed intake in dairy cattle fed high fat diets. *Domest. Anim. Endocrinol.* 19, 159–175.
- Fick, K.R., L.R. McDowell, R.H. Miles, J.D. Wilkins, J.D. Funk and J.H. Conrad. 1979. Methods of mineral analysis of plant and animal tissues. 2nd ed. Animal Science Department, University of Florida, Gainesville, F.L. USA. 736 p.
- 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. 217 pp.
- Garnsworthy, P.C., A. Lock, G.E. Mann, K.D. Sinclair and R. Webb. 2008a. Nutrition, metabolism and fertility in dairy cows: 1. Dietary energy source and ovarian function. *J. Dairy Sci.* 91, 3814–3823.
- Garnsworthy, P.C., K.D. Sinclair and R. Webb. 2008b. Integration of physiological mechanisms that influence fertility in dairy cows. *Animal.* 2, 1144 – 1152.
- Heravi-Moussavi, A.R., R.O. Gilbert, T.R. Overton, D.E. Bauman and W.R. Butler. 2007. Effects of feeding fish meal and n-3 fatty acids on ovarian and uterine responses in early lactating dairy cows. *A. Dairy Sci. Association.* 90, 145-154.
- Herrera, H.J.G. and S.A. Barreras. 2005. Manual de procedimientos: Análisis estadístico de experimentos pecuarios. Cap. 7. Diseños con Mediciones Repetidas. Segunda edición. México. 215 p.
- Herrera-Camacho, J., J.C. Aké-Vera, G.L. Williams and J.A. Quintal-Franco. 2008. Respuesta ovulatoria, estado de desarrollo y calidad embrionaria de ovejas Pelibuey superovuladas suplementadas con ácidos grasos poliinsaturados. *Téc. Pec. Méx.* 46 (2), 107-117.
- Hess, B.W., G.E. Moss and D.C. Rule. 2008. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *J. Anim. Sci.* 86, 188–204.
- Littell, R.C., P.R. Henry and C.B. Ammerman. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *J. Anim. Sci.* 76, 1216–1231.
- Martemucci, G. and A.G. Alessandro. 2011. Synchronization of oestrus and ovulation by short time combined FGA, PGF2 α , eCG treatments for natural service or AI fixed-time. *Anim. Repro. Sci.* 123, 32-39.

- Mattos, R., C.R. Staples, J. Williams, A. Amoroch, A.M. McGuire and W.W. Thatcher. 2002. uterine, ovarian, and production response of lactating dairy cows to increasing dietary concentrations of menhaden fish meal. *J. Dairy Sci.* 85, 755-764.
- Mejía, V.O. 1997. Transferencia de embriones en pequeños rumiantes. En: Memorias del curso de manejo reproductivo e inseminación artificial en pequeños rumiantes. Facultad de Medicina y Veterinaria Zootecnia. UNAM. México. D.F. México. pp. 79-85.
- Mustafa, Q.H., M.M. Ababneh and D.S. Abu-ruman. 2007. The effects of short or long term FGA treatment with or without eCG on reproductive performance of ewes bred out-of-season. *Am. J. Anim. Vet. Sci.* 2 (1), 23–28.
- National Research Council (NRC). 2007. Nutrient requirements of small ruminants. Sheep, goats, cervids and new world camelids. National Academy Press, Washington D.C.
- Nieto, R., T.M. Sánchez, O. Mejía, L. Olivares, J.J. Peralta, J.L. Cordero, P. Molina and M. Cárdenas. 2010. Grasa de sobrepeso en ovejas con diferente espesor de grasa dorsal, respuesta hormonal y principales variables reproductivas. *Rev. Cient. FCV-LUZ.* 20 (6), 665-673.
- Paulenz, H., T. Adnoy, O.H. Fossen, L. Soderquist and K.A. Berg. 2002. Effect of deposition site and sperm number on the fertility of sheep inseminated with liquid semen. *Vet. Rec.* 150, 299–302.
- Ramírez, M.A., R.R. Martínez, V.O. Mejía y C.R. Soto. 2005. Modificación de la técnica de inseminación artificial intrauterina mediante laparoscopia en ovejas Pelibuey. *Agrociencia.* 39, 589–593.
- Robinson, R., P. Pushpakumara, Z. Cheng, A. Peters, D. Abayasekara and D. Whates. 2002. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian and uterine function in lactating dairy cows. *Reproduction.* 124, 119-131.
- Russel, A.J.F., J.M. Doney and R.G. Gunn. 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *J. Agric. Sci.* 72, 451-454.
- Santos, J.E.P., T.R. Bilby, W.W. Thatcher, C.R. Staples and F.T. Silvestre. 2008. Long chain fatty acids of diets as factors influencing reproduction in cattle. *Repro. Dom. Anim.* 43, 23-30.
- Scaramuzzi, R.J., B.K. Campbell, J.A. Downing, N.R. Kendall, M. Khalid, G.M. Muñoz and A. Somchit. 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod. Nutr. Dev.* 46, 339–354.
- Statistical Analysis System Institute (SAS). 2009. SAS User's Guide: Statistics (Version 5). Cary, N.C. U.S.A. Inst. Inc. 584 p.
- Stronge, A.J., J.M. Sreenan, M.G. Diski, J.F. Meet, D.A. Kenny, D.A. and D.G. Morris. 2005. Post-insemination milk progesterone concentration and embryo survival in dairy cows. *Theriogenology.* 64, 1212-1224.
- Tejada, H.I. 1992. Análisis de granos y cereales. En: Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Ed. Sistema de Educación Continua en Producción Animal. A.C. México. pp. 27-33.
- Thangavelu, G., M.G. Colazo, D.J. Ambrose, M. Oba, E.K. Okine and M.K. Dyck. 2007. Diets enriched in unsaturated fatty acids enhance early embryonic development in lactating Holstein cows. *Theriogenology.* 68, 949-957.
- Urviola, M., V. Leyva, H. Huamán and W. García. 2005. Manipulación de la ovulación del folículo dominante con prostaglandina en diferentes estadios del ciclo estral sobre las tasas reproductivas en ovinos Corriedale. *Rev. Inv. Vet. Perú* 16 (2), 103–113.

- Viñoles, C., M. Forsberg, G.B. Martin, C. Cajarville, J. Repetto and A. Meikle. 2005. Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. *Reproduction*. 129, 299–309.
- Wamsley, N.E., P.D. Burns, T.E. Engle and R.M. Enns. 2005. Fish meal supplementation alters uterine prostaglandin F2 (alpha) synthesis in beef heifers with low luteal-phase progesterone. *J. Anim. Sci.* 83, 1832-1838.
- Zachut, M., A. Arieli, H. Lehrer, N. Argov and U. Moallem. 2008. Dietary unsaturated fatty acids influence preovulatory follicle characteristics in dairy cows. *Reproduction*. 135, 683–692.