

Comportamiento reproductivo en carneros alimentados con aceite de canola

Reproductive behavior in rams fed canola oil

Lona-Guzmán, M. I.¹, Rivera-Jauregui, M.¹, Olmos-Martínez, D.¹, Ramírez-Luna. E. M.², Maki-Díaz, G.³, Hernández-Marín, J. A.^{4*}

¹ Programa Educativo en Medicina Veterinaria y Zootecnia, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato.

² Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria, Universidad de Guanajuato.

³ Departamento de Arte y Empresa, División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato.

⁴ Departamento de Veterinaria y Zootecnia, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato.

jahmarin@ugto.mx

*Autor de correspondencia

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación con aceite de canola en la dieta y su respuesta en las características seminales y los parámetros del comportamiento reproductivo en carneros Katahdin, se realizó un experimento utilizando dos carneros adultos (42 ± 8.5 meses de edad y 76 ± 5.6 kg de peso) y dos carneros jóvenes (18 ± 8.5 meses de edad y 42.5 ± 3.5 kg de peso). El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo de dos factores cada uno a dos niveles (Factor A: edad del carnero: adulto, joven; Factor B: con y sin aceite de canola en la dieta), la combinación de factores y niveles conformó 4 tratamiento. El estudio se realizó del 16 de junio al 18 de julio de 2025 en las Postas Pecuarias de la División de Ciencias de la Vida, de la Universidad de Guanajuato, en el municipio de Irapuato, Guanajuato. Todos los ovinos se alimentaron con una dieta base a razón de $1.5 \text{ kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de forraje molido (60% rastrojo de maíz, 20% avena y 20% alfalfa) y $1.0 \text{ kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de concentrado comercial (Ovino ganador, Malta Cleiton; 2.4 Mcal y 13% PC). Todos los animales se alimentaron con la dieta base; y los animales suplementados recibieron la dieta base más 200 mL de aceite de canola adicionados en el concentrado comercial durante toda la fase experimental. Así, cada macho representó una unidad experimental (tratamiento), las variables de estudio se registraron dos veces por semana durante cinco semanas. Los tratamientos fueron T1: Macho adulto sin aceite de canola en la dieta (ADUSINACE); T2: Macho joven sin aceite de canola en la dieta (JOVSINACE); T3: Macho adulto con aceite de canola en la dieta (ADUCONACE); T4: Macho joven con aceite de canola en la dieta (JOVCONACE). Se evaluaron variables productivas: peso corporal (PC), condición corporal (CC), circunferencia escrotal (CE), diámetro testicular derecho e izquierdo (DTD e DTI); características macroscópicas del semen: volumen (VOL), apariencia (AP), y color (COL); características microscópicas del semen: motilidad masal (MM), motilidad individual progresiva (MIP); indicadores del comportamiento reproductivo: macho olfatea (MO), macho sigue (MS), intento de monta (IM), flehmen (FL), eyacula (EY), eyacula repetido (EYR), periodo refractario (PR). Los datos se analizaron mediante un modelo de medidas repetidas basado en un diseño factorial 2×2 , se consideró como efectos fijos Factor A: edad (Adulto, Joven), Factor B: aceite de canola (sin, con) y sus interacciones, así como el factor Semana (tiempo: cinco semanas de evaluación). Se utilizó el procedimiento MIXED de SAS para ajustar un modelo lineal mixto, considerando la semana como la variable repetida. El sujeto experimental se definió como el individuo anidado en cada combinación de los factores edad y aceite. Se encontraron diferencias en la interacción del tratamiento*semana para las variables del comportamiento reproductivo MO, MS, IM, FL y PR ($p < 0.05$). El efecto de los factores edad y aceite, ni la interacción del tratamiento*semana no influyó ($p > 0.05$) en las variables productivas: PC, CC, MM, CE, DTD, DTI; tampoco en las variables macroscópicas del semen: VOL, AP y COL. La suplementación con aceite de canola en la dieta de carneros influyó positivamente en su comportamiento reproductivo, al incrementar la expresión de conductas sexuales como flehmen, intento de monta, seguimiento y olfateo de hembras. Estos efectos fueron más evidentes en carneros jóvenes, además de observarse una reducción del periodo refractario y un incremento en la concentración espermática.

Palabras clave: Suplementación, ácidos grasos, flehmen, periodo refractario, ovinos.

Introducción

La reproducción animal, en los sistemas de producción de ovinos es una de las bases más importantes que existen, ya que nos permite alcanzar los niveles de eficiencia productiva y con variedad genética. En la reproducción de ovinos, el comportamiento reproductivo del carnero y la calidad seminal, adquieren gran relevancia, ya que existen factores ambientales como el fotoperíodo y la nutrición; ya que ésta influye de manera directa sobre la actividad reproductiva del macho, por ende, puede afectar los parámetros sexuales como la libido, la espermatogénesis, la calidad seminal y el tamaño testicular (Martínez & Carvajal, 2018). Dentro del proceso reproductivo, el desempeño de los sementales tiene una función determinante, ya que un solo carnero puede cubrir un gran número de hembras durante la época de empadre, siendo responsable directo de la fertilización de múltiples ovejas (Abecia *et al.*, 2012). En este sentido, el comportamiento reproductivo de los carneros, que incluye variables como la búsqueda activa de hembras, la expresión de la libido, la frecuencia de las montas y el tiempo de reacción sexual constituye un indicador funcional del estado fisiológico y endocrino del macho (González-Bulnes *et al.*, 2010).

Una correcta alimentación no solo permite mantener la condición corporal del animal, el metabolismo energético, también modula fisiológicamente su eje reproductivo, ya que mejora la secreción hormonal como la testosterona y la LH, lo que potencia la producción y la calidad espermática. Estudios evidencian que estrategias como el “flushing” nutricional ha demostrado potenciar el rendimiento reproductivo cuando se implementa previo al empadre, debido al aumento de energía disponible, la ganancia de peso y la estimulación hormonal (Martínez y Carvajal, 2018). En las últimas décadas, la inclusión de lípidos en las dietas animales ha ganado interés no solo por su valor energético, sino también por su potencial efecto sobre funciones fisiológicas específicas, como la reproducción (Shihab *et al.*, 2021; Nazari-Zonouz *et al.*, 2022).

Entre las fuentes lipídicas vegetales, el aceite de canola (*Brassica napus*) ha sido ampliamente utilizado en la alimentación animal por su perfil favorable de ácidos grasos, destacando su contenido en ácido oleico (omega-9), ácido linoleico (omega-6) y ácido alfa-linolénico (omega-3; Bell, 1993). Este perfil lipídico ha demostrado efectos beneficiosos en diversos parámetros reproductivos en rumiantes, incluyendo la mejora en la concentración y motilidad espermática, así como en la integridad de las membranas espermáticas. Además, los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) desempeñan una función crucial en la síntesis de prostaglandinas, el mantenimiento de la fluidez de membranas celulares y la regulación de procesos inflamatorios y hormonales, todos ellos implicados en la función reproductiva (Wathes *et al.*, 2007). No obstante, los estudios se han enfocado en los efectos del aceite de canola sobre parámetros seminales y la composición lipídica del plasma o del semen, dejando relativamente inexplorado su impacto sobre el comportamiento reproductivo como componente conductual de la fertilidad. Considerando que la eficiencia reproductiva en campo no solo depende de la calidad seminal, sino también de la aptitud sexual y el deseo de cópula, resulta pertinente evaluar si la suplementación con aceite de canola podría inducir modificaciones en la expresión conductual del comportamiento reproductivo del carnero (Abecia *et al.*, 2012). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación con aceite de canola en la dieta y su respuesta en las características seminales y los parámetros del comportamiento reproductivo en carneros Katahdin.

Materiales y métodos

El estudio se realizó del 16 de junio al 18 de julio de 2025 en las Postas Pecuarias de la División de Ciencias de la Vida, de la Universidad de Guanajuato, en el municipio de Irapuato, Guanajuato. Se utilizaron dos carneros adultos (42 ± 8.5 meses de edad y 76 ± 5.6 kg de peso) y dos carneros jóvenes (18 ± 8.5 meses de edad y 42.5 ± 3.5 kg de peso). El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo de dos factores cada uno a dos niveles (Factor A: edad del carnero: adulto, joven; Factor B: con y sin aceite de canola en la dieta), la combinación de factores y niveles conformó 4 tratamientos. Todos los ovinos se alimentaron con una dieta base a razón de $1.5 \text{ kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de forraje molido (60% rastrojo de maíz, 20% avena y 20% alfalfa) y $1.0 \text{ kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de concentrado comercial (Ovino ganador, Malta Cleyton; 2.4 Mcal y 13% PC). Todos los animales se alimentaron con la dieta base; y los animales suplementados recibieron la dieta base más 200 mL de aceite de canola adicionados en el concentrado comercial durante toda la fase experimental. Así, cada macho representó una unidad experimental (tratamiento), las variables de estudio se registraron dos veces por semana durante cinco semanas. Los tratamientos fueron T1: Macho adulto sin aceite de canola en la dieta (ADUSINACE); T2: Macho joven sin aceite de canola en la dieta (JOVSINACE); T3: Macho adulto con aceite de canola en la dieta (ADUCONACE); T4: Macho joven con aceite de canola en la dieta (JOVCONACE).

Se evaluaron variables productivas: peso corporal (PC), condición corporal (CC), circunferencia escrotal (CE), diámetro testicular derecho e izquierdo (DTD e DTI); características macroscópicas del semen: volumen (VOL), apariencia (AP), y color (COL); características microscópicas del semen: motilidad masal (MM), motilidad individual progresiva (MIP) concentración espermática (CON); indicadores del comportamiento reproductivo: macho olfatea (MO), macho sigue (MS), intento de monta (IM), flehmen (FL), eyacula (EY), eyacula repetido (EYR), periodo refractario (PR). A todos los machos se les registró el PC mediante una báscula, y la medición de la CE y el DTD e DTI, mediante un escrotímetro metálico. Posteriormente, cada macho se introdujo al interior de un corral con las hembras ovinas para evaluar y registrar los signos del comportamiento sexual durante 10 min: MO, MS, IM, FL, PR; siendo este último, el tiempo que transcurre desde que el macho eyacula durante una monta y se repite otra eyaculación en una segunda monta. Posteriormente, se colectó semen mediante una vagina artificial atemperada con un rango de 38° a 42° C. Para evaluar la MM se tomó una muestra del eyaculado y se colocó en un microscopio biológico digital (XSZ 167SP modelo *HINOTEK*); se clasificó en una escala de 1 a 5, siendo uno la menor motilidad y cinco la mayor motilidad observada.

Para diferenciar la cantidad de espermatozoides vivos/muertos se utilizó la tinción de eosina-nigrosina (vivos: no teñidos, y muertos: teñidos). En un tubo Eppendorf se mezcló una gota de semen con una gota de eosina, transcurridos 30 segundos se añadió una gota de nigrosina. Luego se agregó 1.5 mL de solución salina templada para realizar un frotis sobre un portaobjetos para su observación al microscopio. Con un microscopio (Velab modelo Ve- Bc3 PLUS) se observaron los frotis y se contabilizaron 200 células y de éstas, la cantidad de células vivas y muertas. Para evaluar las alteraciones en el flagelo de la célula espermática, se preparó una mezcla con una gota de semen (20 μ L) y una dilución de BL-I + formol al 25% (980 μ L) y se dejó reposar por 30 minutos en un tubo Eppendorf. Posteriormente, se colocó una gota de esta mezcla sobre un portaobjetos con su respectivo cubreobjetos y se dejó secar para su posterior análisis al día siguiente. Mediante un microscopio (Velab modelo Ve-Bc3 PLUS) se contabilizaron 200 células y de éstas nuevamente se contabilizaban, pero las que mostraron una modificación en el flagelo. Para la estimación de los valores porcentuales anteriores, se realizó una regla de tres multiplicando el número de células con modificación en el flagelo o el número de espermatozoides teñidos (según corresponda) por cien y el resultado se dividió entre 200. Finalmente, se realizó una curva de dilución con las muestras seminales recolectadas, empleando una dilución de citrato de sodio al 2.9% la cual se preparó mezclando 2.9 g de citrato de sodio con 100 mL de agua destilada y para homogenizar la dilución se utilizó un plato caliente/agitador. Una vez obtenidas las curvas, se utilizó un espectofotómetro para conocer la concentración espermática, dicho equipo funciona midiendo la cantidad de luz absorbida por las muestras por medio de una longitud de onda específica, en este caso, la turbidez del semen afecta la absorción de luz y esta se relaciona de manera directa con la concentración espermática. Para esto, fue necesario usar 40 tubos Eppendorf, con 2.0 microlitros de semen y 198 microlitros del cloruro de sodio; los cuales se separaron/clasificaron de acuerdo con el tratamiento, semana y número de colecta correspondiente. Una vez obtenidas las diluciones, se tomaron 200 μ L y se vaciaron en pocillos respetando la clasificación antes mencionada, para finalmente usar el espectofotómetro.

Los datos se analizaron mediante un modelo de medidas repetidas basado en un diseño factorial 2x2, se consideró como efectos fijos Factor A: edad (Adulto, Joven), Factor B: aceite de canola (sin, con) y sus interacciones, así como el factor Semana (tiempo: cinco semanas de evaluación). Se utilizó el procedimiento MIXED de SAS para ajustar un modelo lineal mixto, considerando la semana como la variable repetida. El sujeto experimental se definió como el individuo anidado en cada combinación de los factores edad y aceite. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias en la interacción del tratamiento*semana para las variables del comportamiento reproductivo MO, MS, IM, FL y PR ($p < 0.05$). El efecto de la interacción del tratamiento macho adulto con aceite (ADUCONACE) aumentó la frecuencia de la variable Macho Olfatea durante las primeras tres semanas del estudio. El efecto de la interacción del tratamiento macho adulto con aceite (ADUCONACE) aumentó la frecuencia de la variable Macho Olfatea durante las primeras tres semanas del estudio. El efecto de la interacción del tratamiento macho joven con aceite (JOVCONACE) incrementó la frecuencia de la variable Macho Sigue durante la primera, segunda y cuarta semanas del estudio. En la segunda semana del estudio, se obtuvo mayor frecuencia de los Intentos de Monta y del Flehmen por efecto de la interacción del tratamiento macho joven con aceite (JOVCONACE) y del tratamiento macho adulto con aceite (ADUCONACE), respectivamente (Figura 1); mientras que, para la tercera semana del estudio, el efecto de la interacción del tratamiento macho joven con aceite (JOVCONACE), redujo el periodo refractario evaluado (Figura 2).

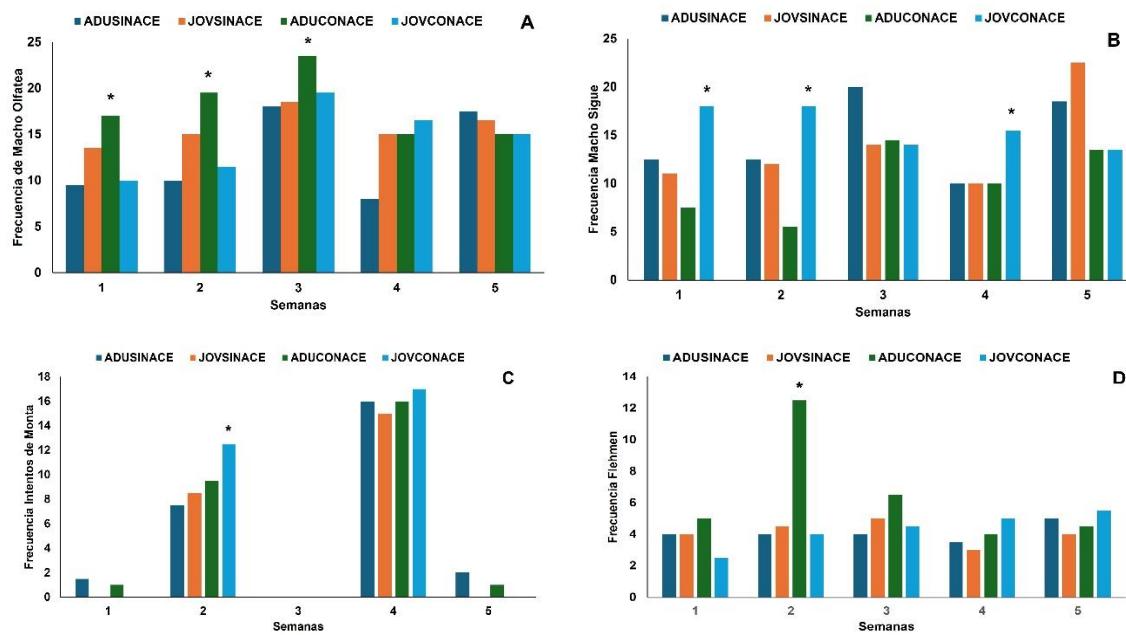


Figura 1. Respuesta de la interacción del tratamiento*semana para las variables del comportamiento reproductivo A: Macho Olfatea (MO), B: Macho Sigue (MS), C: Intento de Monta (IM), D: Flehmen (FLE), para los tratamientos Macho adulto sin aceite (ADUSINACE), Macho joven sin aceite (JOVSINACE), Macho adulto con aceite (ADUCONACE), Macho joven con aceite (JOVCONACE). *: P <0.05.

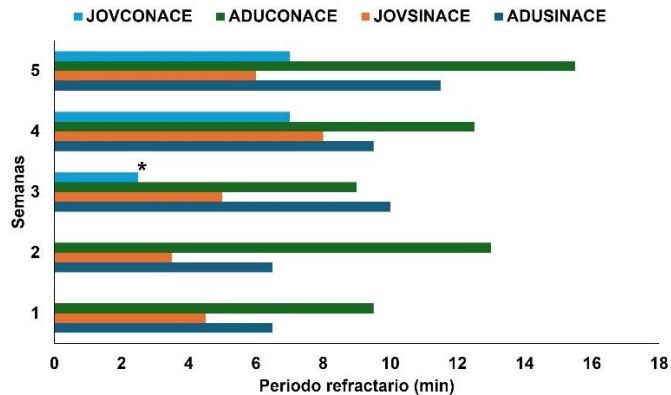


Figura 2. Respuesta de la interacción del tratamiento*semana para la variable del comportamiento reproductivo periodo refractorio (PR), para los tratamientos: Macho adulto sin aceite (ADUSINACE), Macho joven sin aceite (JOVSINACE), Macho adulto con aceite (ADUCONACE), Macho joven con aceite (JOVCONACE). *: P <0.05.

El efecto de los factores edad y aceite, ni la interacción del tratamiento*semana no influyó ($p >0.05$) en las variables productivas: CC, CE, DTD, DTI; ni tampoco en las variables macroscópicas del semen: VOL, AP y COL ($p >0.05$). Las variables microscópicas del semen MM y MIP fueron similares ($p >0.05$) entre tratamientos. Se encontraron diferencias por efecto del factor edad para la variable productiva PC ($p <0.05$).

El peso corporal de los machos adultos fue superior ($p <0.05$) que el de los machos jóvenes durante las cinco semanas. No se encontraron diferencias ($p >0.05$) entre los tratamientos Macho adulto sin aceite (ADUSINACE) y Macho Adulto con aceite (ADUCONACE), y entre los tratamientos Macho Joven sin aceite (JOVSINACE) y Macho Joven con aceite (JOVCONACE; Figura 3).

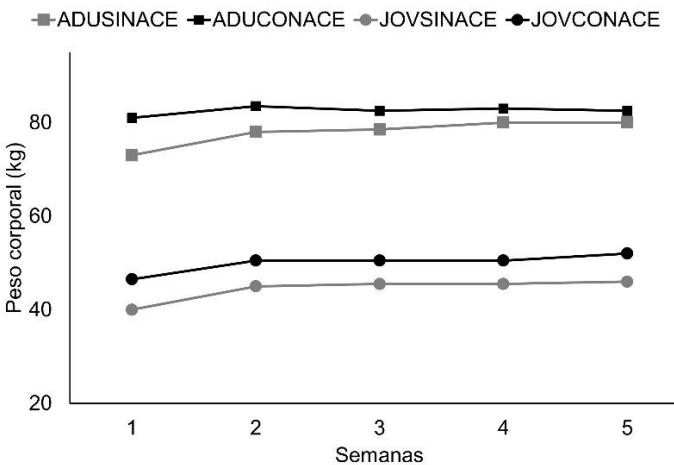


Figura 3. Efecto del factor edad para la variable del comportamiento productivo peso corporal (PC), para los tratamientos: Macho adulto sin aceite (ADUSINACE), Macho joven sin aceite (JOVSINACE), Macho adulto con aceite (ADUCONACE), Macho joven con aceite (JOVCONACE). $P <0.05$.

La concentración espermática fue diferente ($p <0.05$) entre los tratamientos Macho adulto sin aceite (ADUSINACE) y Macho Adulto con aceite (ADUCONACE), y entre los tratamientos Macho Joven sin aceite (JOVSINACE) y Macho Joven con aceite (JOVCONACE; Figura 4).

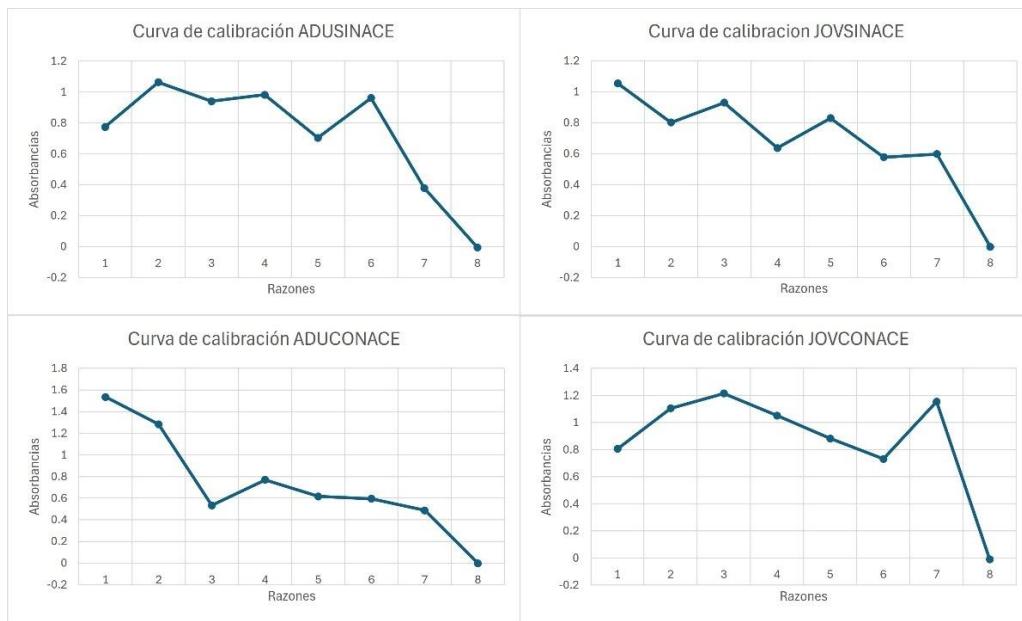


Figura 4. Respuesta de la variable microscópica del semen concentración espermática (CON), por efecto de los tratamientos: Macho adulto sin aceite (ADUSINACE), Macho joven sin aceite (JOVSINACE), Macho adulto con aceite (ADUCONACE), Macho joven con aceite (JOVCONACE). $P <0.05$.

Los resultados del presente estudio sugieren que la suplementación con aceite de canola en la dieta de carneros tiene un efecto positivo sobre su comportamiento reproductivo. El aumento significativo en la expresión de conductas sexuales claves como el reflejo de flehmen, el intento de monta, el seguimiento y el olfateo de hembras, sugieren mayor motivación sexual y eficiencia reproductiva. Estudios previos señalan

que los ácidos grasos poliinsaturados, como los presentes en el aceite de canola, pueden modular la actividad hormonal mediante la mejora del estado energético y el incremento en la secreción de hormonas sexuales (Pascal *et al.*, 2023). Por otro lado, la edad de los carneros es un factor que determina el desempeño reproductivo, favorece la calidad del semen y puede mejorar hasta los tres años de edad, pero luego disminuye, aunque en sementales mayores de ocho años se puede obtener mejor respuesta en la calidad espermática en comparación con aquellos de 10 a 12 meses (Owoicho *et al.* 2023). La libido de un carnero se afecta de manera significativa conforme avanza la edad. En un estudio se evaluó el desempeño reproductivo de carneros de diferentes edades y experiencia sexual y se reportó que el desempeño sexual de los carneros jóvenes sin experiencia sexual fue menor durante la exposición inicial a las hembras, mientras que el comportamiento sexual de los machos sexualmente experimentados no mostró cambios durante la secuencia de eventos de cópula (Falchi *et al.*, 2023).

La respuesta más marcada en carneros jóvenes indica una mayor sensibilidad de los animales en desarrollo a los efectos de la nutrición sobre el eje reproductivo. Asimismo, la reducción del periodo refractario sugiere una recuperación más rápida del deseo sexual tras el apareamiento, lo cual puede beneficiar los programas de monta natural. La fertilidad del macho se considera un aspecto muy importante para el éxito de cualquier programa de reproducción; una mayor fertilidad se asocia con la obtención de semen de mejor calidad, lo cual permite alcanzar mayores tasas de gestación en las hembras. Una buena nutrición influye en la función reproductiva del macho, ya sea mediante la mejora del estado energético del organismo o mediante el aumento de ciertas sustancias metabólicas que afectan fisiológicamente la secreción de hormonas relacionadas con la reproducción y que regulan la función testicular y la producción espermática (Shihab *et al.*, 2021).

La concentración espermática asociado al tratamiento indica que, además de influir en la conducta, la suplementación también impacta favorablemente en la calidad del semen. Estos hallazgos respaldan el uso del aceite de canola como una herramienta nutricional viable para mejorar el desempeño reproductivo en ovinos. Lo anterior, se basa en que el desarrollo testicular del carnero se beneficia de un balance energético-proteico, la energía digerible tiene mayor influencia que la proteína. Esto refleja mayor pulsatilidad de la LH. Al haber mayor desarrollo testicular se mejora la síntesis de testosterona, debido a la acción de las células de Leydig. Lo cual influye en las características del comportamiento sexual, debido a la producción y concentración de testosterona, que promueve la libido y estimula la madurez sexual de los carneros (Nazari-Zonouz *et al.*, 2022).

Conclusiones

La suplementación con aceite de canola en la dieta de carneros influyó positivamente en su comportamiento reproductivo, al incrementar la expresión de conductas sexuales como flehmen, intento de monta, seguimiento y olfateo de hembras. Estos efectos fueron más evidentes en carneros jóvenes, además de observarse una reducción del periodo refractario y un incremento en la concentración espermática.

Referencias

- Abecia, J. A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2012). Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*, 130(3-4), 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011>
- Bell, J. M. (1993). Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. *Canadian Journal of Animal Science*, 73(4), 679–697. <https://doi.org/10.4141/cjas93-075>
- Falchi, L., Pau, S., Ledda, M., Melosu, V., & Zedda, M. T. (2023). Lesions of the prepuce and penis in rams: A retrospective study. *Veterinary Research Communications*, 47(4), 2259–2264. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10128-8>
- González-Bulnes, A., Santiago-Moreno, J., & López-Sebastián, A. (2010). Reproductive technologies in sheep: An update. *Reproduction in Domestic Animals*, 45(2), 110–117. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2009.01571.x>
- Martínez, M. E., & Carvajal, A. M. (2018). Importancia de la alimentación en la eficiencia reproductiva de machos ovinos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Remehue.

Nazari-Zonouz, F., Moghaddam, G., Hamidian, G., Daghagh-Kia, H., & Taghizadeh, A. (2022). The effect of dietary energy levels on the sexual puberty of ram lambs. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 20(3), e0403. <https://doi.org/10.5424/sjar/2022203-18125>

Owoicho, A. K., Fontbonne, A., Partyka, A., & Nizanski, W. (2023). Effect of male age on semen quality in domestic animals: Potential for advanced functional and translational research. *Veterinary Research Communications*, 47, 1125-1137. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10159-1>

Pascal, C., Nechifor, I., Florea, M. A., Pânzaru, C., Simeanu, D., & Mierliță, D. (2023). Diet Influence on Sperm Quality, Fertility, and Reproductive Behavior in Karakul of Botoșani Rams. *Agriculture*, 13(11), 2168. <https://doi.org/10.3390/agriculture13112168>

Shihab, S. L., Mohammed, O. D., & Ahmed, F. H. (2021). Study of semen characteristics at sexual maturity in Awassi lambs fed on low degradable sunflower meal and seeds. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 49(2), 9-18. <https://doi.org/10.33899/magrj.2021.130161.1130>

Watthes, D. C., Abayasekara, D. R. E., & Aitken, R. J. (2007). Polyunsaturated fatty acids in male and female reproduction. *Biology of Reproduction*, 77(2), 190–201.