

Sperm quality in rams of hair through year at 19° north latitude

Calidad espermática en carneros de pelo durante el año a 19° latitud norte

Cadena-Villegas, Said¹; Pérez-Hernández, Ponciano²; Cortez-Romero, César³; Vaquera-Huerta, Humberto⁴; Gallegos-Sánchez, Jaime^{4*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina km 3, Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500. ²Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Carretera Xalapa-Veracruz km 88.5, Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México. C. P. 91690. ³Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. C. P. 78622. ⁴Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor para correspondencia: gallegos@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To evaluate changes in the characteristics of the ejaculate of rams of hair during the year at 19° LN.

Design/methodology/approach: Eight rams of hair with an age of 11.5±0.5 months and live weight of 62±6 kg were used, to which semen was collected every 15 d during the months of March 2013 to February 2014, a period that was divided into two stages: 1) reproductive season (R) and 2) seasonal anestrus. In each ejaculate, the volume (V), sperm concentration (CE), mass motility (MM) and the percentage of live and abnormal sperm were evaluated. The results were analyzed by season using the ANDEVA by means of the GLM procedure and comparison of means by the Tukey test; the environmental variables were correlated with the seminal characteristics by the CORR procedure of SAS.

Results: The seminal characteristics were different between seasons ($P \leq 0.05$). The highest V, CE, MM and percentage of live was observed during the R (1.4 mL and 2.4×10^9 , 4.5 and 90% respectively). We found a negative correlation ($P \leq 0.05$) between mobility and photoperiod (-0.73).

Limitations on study/implications: The seminal quality of rams of hair, outside the reproductive period, is reduced.

Findings/conclusions: At 19° LN the rams have a seasonal pattern of reproduction, and during R and TRA the best characteristics of the ejaculate are found.

Keywords: Hair ram, Semen, Reproductive season, Photoperiod.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar los cambios en las características del eyaculado de carneros machos de pelo durante el año a 19° LN.

Diseño/metodología/aproximación: Se utilizaron ocho carneros de pelo con edad de 11.5±0.5 meses y peso vivo de 62±6 kg, a los cuales se les recolectó semen cada 15 d de marzo del 2013 a febrero del 2014, el periodo de evaluación se dividió en dos épocas: 1) época reproductiva (R) y 2) época no reproductiva (A). En cada eyaculado se evaluó, el volumen (V), concentración espermática (CE), movilidad masal (MM) y el porcentaje de espermatozoides vivos y anormales. Los resultados se analizaron por época utilizando el ANDEVA por medio del procedimiento GLM y comparación de medias por la prueba de Tukey; las variables ambientales se correlacionaron con las características seminales por el procedimiento CORR de SAS.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 2, febrero. 2020. pp: 37-43.

Recibido: septiembre, 2019. **Aceptado:** enero, 2020.

Resultados: Las características seminales fueron diferentes entre épocas ($P \leq 0.05$). El mayor V, CE, MM y porcentaje de vivos se observó durante la R (1.4 mL y 2.4×10^9 , 4.5 y 90%, respectivamente). Se encontró correlación negativa ($P \leq 0.05$) entre la movilidad y el fotoperiodo (-0.73).

Limitaciones del estudio/implicaciones: La calidad seminal de los carneros de pelo, fuera de la época reproductiva se reduce.

Hallazgos/conclusiones: A 19° LN los carneros de pelo presentan un patrón de reproducción estacional, y durante la R se encuentran las mejores características del eyaculado.

Palabras clave: Carnero de pelo, Semen, Estación reproductiva, Fotoperiodo.

INTRODUCCIÓN

En México, la actividad reproductiva de los ovinos disminuye durante la primavera (días largos), lo cual ha sido reportado para las razas Pelibuey, Rambouillet, Dorset, Romney Marsh, Corriedale y Criollos, a pesar de que las variaciones en el fotoperiodo solo son de 2:10 h aproximadamente (Porrás *et al.*, 2003). En los ovinos de pelo, se presenta una época en la que la actividad reproductiva disminuye, pero no se considera un periodo de anestro estacional (Macedo y Alvarado, 2005). En el carnero, la capacidad de producir semen y realizar montas, se mantiene durante todo el año, pero la calidad del semen es mejor durante el otoño e invierno (Bustos y Torrez-Díaz, 2012).

Los cambios en la calidad de semen están relacionados con las variaciones en las características ambientales como el fotoperiodo y la temperatura, los cuales son de diferente magnitud y dependientes de la adaptación que tengan las razas al ambiente (Webb *et al.*, 2004). Se considera importante conocer los cambios en la producción de semen para establecer épocas específicas de colecta y conservación de semen a utilizarse en empadres fuera de la estación reproductiva (Santiago-Moreno *et al.*, 2013).

La disminución de las horas luz (fotoperiodo) estimula la producción de melatonina, hormona altamente relacionada con la secreción pulsátil de GnRH/LH, responsables del aumento en la producción de semen (Malpoux *et al.*, 1999) debido al incremento en el diámetro testicular y la libido, incrementando el volumen, la concentración espermática y la movilidad en el eyaculado (Kafi *et al.*, 2004). También, se han observado variaciones estacionales en la secreción de testosterona y FSH, en diferentes razas de carneros, los cuales responden de manera diferente en la secreción de estas hormonas a medida que cambia la época del año (Mandiki *et al.*, 1998). En México, los carneros presentan un incremento en los niveles de testosterona al inicio de la época reproductiva y disminuye al iniciar la época de anestro estacional (Fuentes *et al.*, 1997), lo que sugiere cambios en la producción de semen.

Los ovinos de pelo por su gran capacidad reproductiva, rusticidad y adaptación, su reducido manejo y bajo costos de producción, son una alternativa para producir carne y mejorar la eficiencia productiva. Sin embargo, se des-

conoce si los machos de pelo presentan estacionalidad reproductiva a una latitud norte de 19°. Con base a lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar los cambios en la calidad espermática de los carneros de pelo durante todo el año.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (La-ROCa) del Colegio de Postgraduados, ubicado en Texcoco, México a 19° 29' N y 98° 53' O, a una altura de 2240 m. El clima es templado sub-húmedo, con lluvias en verano y una precipitación promedio anual de 645 mm, y un porcentaje de lluvia invernal menor al 5 %. La temperatura media anual es de 15 °C y la temperatura media del mes más frío oscila entre -3 y 18 °C, y la temperatura del mes más caliente es mayor a 10 °C; con poca oscilación térmica, que corresponde a una fórmula climática $Cb(w0)(w)(i)$ (García, 2004) y con una diferencia de 2 h y 17 min entre el día más largo en el año (21 de junio) y el más corto (21 de diciembre).

Animales utilizados y su manejo

Se utilizaron ocho carneros de pelo de 11.5 ± 0.5 meses de edad y un peso promedio de 62 ± 6 kg, los cuales se alimentaron con una mezcla de paja de cebada molida, heno de alfalfa y avena molida, sales minerales. Todos los ingredientes se mezclaron y se proporcionaron en una ración de $2.0 \text{ kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Previo al inicio del experimento, se desparasitaron con Ivermectina en dosis de 0.2 mg kg^{-1} de peso.

Los machos se entrenaron previamente para extracción de semen con vagina artificial. Se colectaron

eyaculados cada 15 días entre marzo del 2013 y febrero del 2014, en tubos graduados para colección y el semen colectado se conservó en frascos térmicos debidamente identificados hasta el momento de su evaluación en el laboratorio.

Variables estudiadas

Se evaluaron las siguientes características del eyaculado: 1) volumen del eyaculado (mL), 2) concentración espermática en miles de millones de espermatozoides contenidos en un mililitro de eyaculado ($\times 10^9$) determinado por el método de espectrofotometría; 3) porcentaje de espermatozoides normales en el eyaculado (normalidad), 4) porcentaje de espermatozoides vivos, realizado por la tinción de eosina-nigrosina (Bamba, 1988), y 5) movilidad masal medida en una escala de 1 a 5 (Hafez y Hafez, 1993), en donde 1 corresponde a movimiento individual, 2 movimiento lento, 3 movimiento lento con amplitud en las ondas, 4 movimiento rápido en las ondas y 5 ondas con movimiento rápido.

Se obtuvieron los datos climatológicos: fotoperiodo (h) y las temperaturas promedio, máxima y mínima (°C), en la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Estos datos se emplearon posteriormente para correlacionarlos con los cambios en las características seminales de los sementales. Las horas luz que se tuvieron durante el periodo de evaluación se muestran en la Figura 1.

Los datos se analizaron agrupando los meses en dos periodos: época reproductiva (3 de septiembre al 14 de febrero) y época no reproductiva (15 de febrero al 20 de junio) según lo reportado por Robinson y Karsch (1984), quienes establecieron que el inicio de la estación reproductiva, que comprende las estaciones de otoño e invierno,

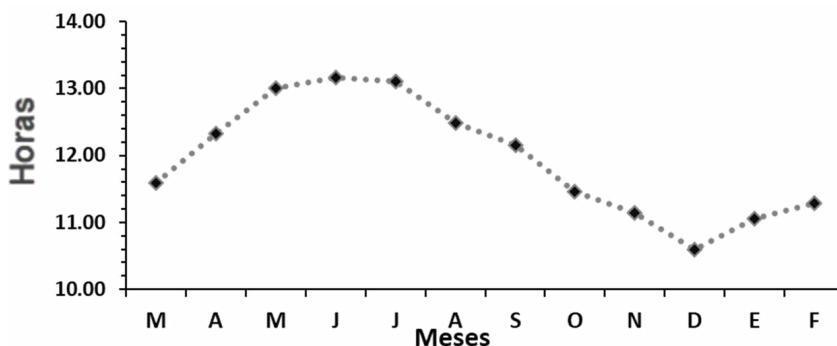


Figura 1. Promedio mensual de las horas luz de marzo del 2013 a febrero del 2014 en Montecillo, Texcoco, Estado de México.

no, es el 3 de septiembre, y termina el 15 de febrero, cuando inicia la época primavera-verano, hemisferio norte.

Análisis de datos

Los cambios en la calidad del semen durante las diferentes épocas se analizaron utilizando el análisis de varianza por medio del procedimiento GLM de SAS (versión 9.3) y la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Las correlaciones entre las variables ambientales y las características seminales se hicieron con el procedimiento CORR de SAS (versión 9.3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción y calidad de semen

Las características seminales presentaron variaciones importantes en función de la época del año (Cuadro 1). Se observaron diferencias ($P \leq 0.05$) en el volumen del eyaculado, en la época reproductiva y la transición al anestro hubo incrementos de hasta 0.6 mL de semen con respecto a la época no reproductiva y transición a la época reproductiva. De igual manera, la concentración espermática fue diferente ($P \leq 0.05$) entre estaciones. La mayor concentración espermática (2.4×10^9) se encontró en la época de transición al anestro y la menor durante el anestro estacional (1.9×10^9), observándose una reducción del 21.9% en la concentración espermática del eyaculado en la época no reproductiva. El porcentaje de espermatozoides vivos en el eyaculado también fue diferente ($P \leq 0.05$), encontrándose la mayor proporción de espermatozoides durante la época no reproductiva. La movilidad espermática también fue diferente ($P \leq 0.05$), observándose mayor movilidad en la época de transición al anestro (4.7), y menores en la época no reproductiva (4.0) y la transición a la época reproductiva (4.3).

Cuadro 1. Variaciones en la calidad de semen de carneros F1 Damara x Pelibuey dentro y fuera de la época reproductiva en Montecillo, Texcoco, México.

	Época reproductiva	Época no reproductiva
Volumen (mL)	1.4 ± 0.03 ^a	0.9 ± 0.05 ^b
Concentración ($\times 10^9$ / mL)	2.4 ± 0.03 ^a	1.9 ± 0.04 ^b
Vivos (%)	92.0 ± 0.7 ^a	88.0 ± 0.9 ^b
Normalidad (%)	90.0 ± 0.5 ^a	91.0 ± 0.6 ^a
Movilidad	4.5 ± 0.08 ^a	4.0 ± 0.05 ^b

Hileras con diferente literal son diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).



La estacionalidad reproductiva es una característica de las razas de ovejas y cabras originarias de latitudes templadas y subtropicales (Delgadillo *et al.*, 2008), la cual está caracterizada por cambios en la actividad reproductiva de las ovejas y carneros, al modificar la actividad del eje hipotálamo-hipofisario-gonadal (Thiéry *et al.*, 2002). En carneros, los cambios en las características del eyaculado durante el año se han reportado en varias latitudes por diversos autores. En Tabriz, Iran a 38° 02' LN al evaluarse machos de las cruza F1 Baluchi×Moghani y F1 Arkharmerino×Moghani, se encontró menor concentración espermática durante la primavera (3.443×10^9), atribuido al incremento en el fotoperiodo (Pourseif y Moghaddam, 2012). La variación (14.7%) en la concentración espermática fue menos marcada que la obtenida en el presente estudio (36.8%). En otro estudio realizado en esta misma región, al evaluarse carneros F1 Ghezel×Baluchi y F1 Arkharmerino×Ghezel, se encontró mayor volumen del eyaculado en verano y otoño (Moghaddam *et al.*, 2012), lo cual es similar a lo observado en el presente estudio. A su vez, Karagiannidis *et al.* (2000) al evaluar las características seminales de carneros Chios y Friesiant en Thessaloniki, Grecia a 40° 37' N, encontraron menor movilidad en primavera y verano, principalmente en la transición de las estaciones, atribuido a las altas temperaturas, lo cual coincide con los valores encontrados en la época del anestro y su transición a la época reproductiva, en el presente estudio.

Correlaciones entre producción y calidad de semen y variables ambientales

Solo se encontró correlación entre el fotoperiodo y la movilidad ($P \leq 0.01$; Cuadro 2), indicando que cuando los días son más largos, la movilidad espermática es menor.

Los cambios observados en el comportamiento reproductivo de los machos en el presente estudio, se explican en parte, porque el incremento del fotoperiodo

(horas luz) afecta la respuesta neuroendócrina y disminuye la actividad reproductiva (Korf *et al.*, 1998) y los días largos inhiben la actividad reproductiva en los carneros (Wood y Loudon, 2014) mientras que durante los días cortos, hay una mayor duración de la secreción de melatonina, la cual actúa para establecer el inicio o el fin de la época reproductiva (Malpoux *et al.*, 1997).

Con base en lo anterior, se sugiere que los cambios en las características seminales observadas al final del año, cuando los días son más cortos, están relacionados con la mayor duración en la secreción de melatonina, hormona importante en la reproducción de los pequeños rumiantes y es un factor clave en la relación del fotoperiodo con la reproducción (Orihuela, 2014).

En las hembras ovinas, la melatonina promueve los cambios en la actividad reproductiva y potencializa el efecto del estradiol para inhibir la secreción de gonadotropinas, lo cual determina la capacidad de reproducción estacional (Bittman *et al.*, 1983), de tal manera que, durante el año, los cambios en la actividad reproductiva de las ovejas regulados por el fotoperiodo son dependientes de la actividad de la glándula pineal que interviene en la inhibición de la secreción de la GnRH/LH (Bittman *et al.*, 1985). A su vez, los carneros que se mantienen por periodos prolongados en días cortos (8 h luz) mantienen mayores diámetros escrotales y características óptimas del eyaculado (Langford *et al.*, 1989).

En los pequeños rumiantes, la melatonina afecta la reproducción debido a la activación de receptores a nivel del SNC, y ejerce su efecto en diversos núcleos hipotálamicos y, en consecuencia, en la secreción de gonadotropinas (Carvalho *et al.*, 2008).

La liberación de GnRH a la circulación portal hipofisaria estimula la secreción de FSH y LH. Luego de su secreción, éstas viajan por la circulación sistémica hasta los testículos, donde FSH ejerce su acción en las células de Sertoli, mientras que LH lo hace en las células de Leydig. La función de las células de Sertoli es a nivel del desarrollo de los espermatozoides, además, secretan inhibina y activina que regulan la secreción de FSH y proteínas de unión a testosterona (ABP; Androgen Binding Protein); las células de Leydig sintetizan y secretan testosterona, la cual es necesaria para el

Cuadro 2. Matriz de correlaciones observadas entre las características seminales de machos F1 DamaraxPelibuey y las variables ambientales en Texcoco, Estado de México.

Variable	Fotoperiodo (h)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
Movilidad	-0.79	-0.47	-0.44
	**	NS	NS
Concentración	-0.04	.001	0.42
	NS	NS	NS
Volumen	-0.48	-0.25	0.13
	NS	NS	NS

** Significancia con $P \leq 0.01$.

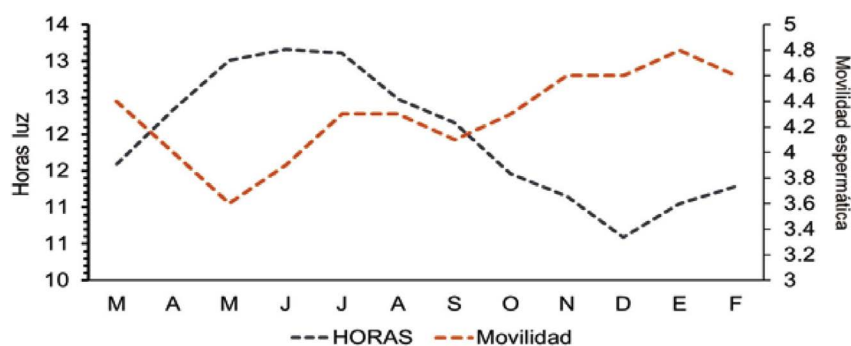


Figura 2. Comportamiento de la movilidad del semen de machos F1 DamaraxPelibuey con respecto al fotoperiodo durante el año en Texcoco, Estado de México.

comportamiento sexual normal, función testicular y desarrollo muscular (Bustos y Torres, 2012).

La influencia de la melatonina en el eyaculado se demostró al mantener de manera exógena los niveles elevados de melatonina por un periodo entre 30 y 60 días, y se observó incremento en la circunferencia escrotal y las características del eyaculado fuera de la época reproductiva (Egerszegi *et al.*, 2014) y que la secreción pulsátil de GnRH se correlaciona negativamente con la duración del día en las especies cuya actividad reproductiva está ligada a los días cortos, como en los ovinos (Gerlach y Aurich, 2000). Sin embargo, la actividad reproductiva en los carneros, se inhibe en menor grado que en las ovejas, ya que la espermatogénesis continúa, aunque el eyaculado tiene limitantes de oligospermia.

Los cambios estacionales en la movilidad del semen han sido reportados por diversos autores (Langfod *et al.*, 1989; Ibrahim, 1997; Zamiri *et al.*, 2010) los cuales mencionaron que la mayor movilidad la observaron durante la época reproductiva. Estos cambios en la movilidad del semen pueden estar relacionados con la capacidad de mantener en el testículo un ambiente estable, a pesar del estrés oxidativo (Cocuzza *et al.*, 2007) provocado por la actividad de los espermatozoides, ya que en condiciones de baja producción de peróxido de hidrogeno en el semen, la movilidad de éste no es afectada (Aitken *et al.*, 1989) y existe una correlación negativa entre la lipoperoxidación causada por el estrés oxidativo y la movilidad del semen de carneros (Kasimanickam *et al.*, 2006). Sin embargo, los mecanismos por los cuales el estrés oxidativo reduce la movilidad espermática aún no son muy claros (Agarwal *et al.*, 2008). La peroxidación lipídica moderada es necesaria para maximizar el potencial fertilizante de los espermatozoides ya que estimula la hiperactivación, motilidad y capacitación espermática (Membrillo *et al.*,

2003) y se ha demostrado que, el plasma seminal contiene sustancias antioxidantes que se adquieren por el epitelio del epidídimo y que las características de la plasma seminal varía durante el año (Cardozo *et al.*, 2006). El espermatozoide cuenta con un complejo sistema enzimático que lo protege de los daños causados por el estrés oxidativo, el cual involucra las enzimas Glutathión reducido (GR), Glutathión peroxidasa (GPx), Catalasa (CAT) y Superóxido dismutasa (SOD), cuya actividad

es diferente entre la época reproductiva y la época no reproductiva. En la época reproductiva se incrementa la actividad de GR, GPx y SOD, mientras que, por el contrario, en la época no reproductiva se incrementa la actividad de CAT, posiblemente como un factor que protege los espermatozoides de la acción del estrés oxidativo y confiere mejores condiciones para la fertilización (Membrillo *et al.*, 2003).

CONCLUSIÓN

En nuestras condiciones experimentales, a 19° LN en México, los carneros de pelo presentaron diferencias en la cantidad y calidad de semen entre la época reproductiva (R) y la época de anestro estacional (A), especialmente en el volumen del eyaculado, la concentración espermática, el número de espermatozoides vivos y la movilidad de estos. Las características de producción y calidad de semen se incrementaron durante la época reproductiva y disminuyeron durante el anestro estacional, lo cual sugiere un patrón estacional en la actividad reproductiva de los carneros de pelo.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto fue financiado por el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y por el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa). SCV recibió una beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para realizar sus estudios doctorales.

LITERATURA CITADA

- Agarwal, A., Makker, K., & Sharma, R. (2008). Clinical relevance of oxidative stress in male factor infertility: An Update. *American Journal of Reproductive Immunology*, 59: 2-11. doi: 10.1111/j.1600-0897.2007.00559.x
- Aitken, R. J., Clarkson, J. S., & Fishel, S. (1989). Generation of reactive oxygen species, lipid peroxidation, and human sperm function. *Biology Reproduction*, 41:183-97. doi: 10.1095/biolreprod41.1.183
- Bamba, K. (1988). Evaluation of acrosomal integrity of boar spermatozoa by bright field microscopy using an eosin-



- nigrosine stain. *Theriogenology*, 29 (6): 1245-1251. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(88\)90004-0](https://doi.org/10.1016/0093-691X(88)90004-0)
- Bittman, E. L., Robert, J., Dempsey, & Karsch, F. J. (1983). Pineal melatonin secretion drives the reproductive response to daylength in the ewe. *Endocrinology*, 113 (6): 2276-2283. doi: 10.1210/endo-113-6-2276
- Bittman, E. L., Kaynard, A. H., Olster, D. H., Robinson, J. E., Yellon, S. M., & Karsch, F. J. (1985). Pineal melatonin mediates photoperiodic control of pulsatile luteinizing hormone secretion in the ewe. *Neuroendocrinology*, 40: 409-418. doi:10.1159/000124106
- Bustos, E. O., & Torrez-Díaz, L. (2012). Reproducción estacional en el macho. *International Journal of Morphology*, 30 (4): 1266-1279. doi.org/10.4067/S0717-95022012000400004
- Cardozo, J. A., Fernández-Juan, M., Forcada, F., Abecia, A., Muñoz-Blanco, T., & Cebrián-Pérez, J. A. (2006). Monthly variations in ovine seminal plasma proteins analyzed by two-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis. *Theriogenology*, 66(4): 841-850. doi:10.1016/j.theriogenology.2006.01.058
- Carvalho, C. E., Cruz-Machado, S., & Tamura, E. K. (2008). Os ritmos circadianos e a reprodução em mamíferos. *Boletim do Centro de Biologia da Reprodução Juiz de Fora*, 27 (1/2): 15-20.
- Cocuzza, M., Sikka S. C., Athayde, K. S., & Agarwal, A. (2006). Clinical Relevance of Oxidative Stress and Sperm Chromatin Damage in Male Infertility: An Evidence Based Analysis. *International Brazilian Journal Urology*, 33: 603-621. doi: 10.1590/s1677-55382007000500002
- Delgadillo, J. A., Vielma, J., Flores, J. A., Véliz, F. G., Duarte, G., & Hernández, H. (2008). La calidad del estímulo emitido por el macho determina la respuesta de las cabras sometidas al efecto macho. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9: 39-45.
- Egerszegi, I., Sarlós, P., Rátky, J., Solti, L., Faigl, V., Kulcsár, M., & Cseh, S. (2014). Effect of melatonin treatment on semen parameters and endocrine function in Black Racka rams out of the breeding season. *Small Ruminant Research*, 116: 192-198. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.11.001
- Fuentes, V., Sanchez, V., González, H., Fuentes, P., García, A., & Rosiles, R. (1997). La función endócrina del testículo en el camero criollo mexicano durante las diferentes épocas del año y su control opioideérgico durante el anestro. *Journal of Veterinary Medicine*, 44: 259-263. doi.org/10.1111/j.1439-0442.1997.tb01109.x
- García, E. (2004). Modificaciones a la clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 5ª Ed. Instituto de Geografía UNAM, México. 90 p.
- Gerlach, T., & Aurich, J. E. (2000). Regulation of seasonal reproductive activity in the stallion, ram and hamster: Review. *Animal Reproduction Science*, 58: 197-213. doi: 10.1016/s0378-4320(99)00093-7
- Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (1993). *Reproduction in farm animals*. Ed Lippincott Williams and Wilkins, 7th Edition. USA. Pp: 365-375.
- Ibrahim, S. A. (1997). Seasonal variations in semen quality of local and crossbred rams raised in the United Arab Emirates. *Animal Reproduction Science*, 49: 161-167. doi: 10.1016/s0378-4320(97)00063-8
- Kafi, M., Safdarian, M., & Hashemi, M. (2004). Seasonal variation in semen characteristics, scrotal circumference and libido of Persian Karakul rams. *Technical note. Small Ruminant Research*, 53: 133-139. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.07.007
- Karagiannidis, A., Varsakeli, C., Alexopoulos, I., & Amarantidis. (2000). Seasonal variation in semen characteristics of Chios and Friesian rams in Greece. *Small Ruminant Research*, 37: 125-130. doi.org/10.1016/S0921-4488(99)00143-1
- Kasimanickam, R., Pelzer, K. D., Kasimanickam, V., Swecker, W. S., & Thatcher, C. D. (2006). Association of classical semen parameters, sperm DNA fragmentation index, lipid peroxidation and antioxidant enzymatic activity of semen in ram-lambs. *Theriogenology*, 65: 1407-1421. doi: 10.1016/j.theriogenology.2005.05.056
- Korf, H. W., Schomerus, C., & Stehle, J. H. (1998). The pineal organ, its hormone melatonin, and the photo neuroendocrine system. *Advances in Anatomy. Embriology and Cell Biology*, 146: 1-100. doi: 10.1007/978-3-642-58932-4
- Langford, G. A., Sherestha, J. N. B., & Marcus, G. J. (1989). Repeatability of scrotal size and semen quality measurements in rams in a short-day light regime. *Animal Reproduction Science*, 19: 19-27. doi.org/10.1016/0378-4320(89)90043-2
- Macedo, R., & Alvarado, A. (2005). Efecto de la época de monta sobre la productividad de ovejas Pelibuey bajo dos sistemas de alimentación en Colima, México. *Archivos de Zootecnia*, 54: 51-62.
- Malpoux, B., Viguie', C., Skinner, D. C., Thiery, J. C. & Chemineau, P. (1997). Control of the Circannual Rhythm of Reproduction by Melatonin in the Ewe. *Brain Research Bulletin*, 44 (4): 431-438. doi: 10.1016/s0361-9230(97)00223-2
- Malpoux, B., Jean-Claude, T. & Chemineau, P. (1999). Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reproduction Nutrition Development*, 39: 355-366. doi: 10.1051/rnd:19990308
- Mandiki, S., Derycke, G., Bister, J. L. & Paquay, R. (1998). Influence of season and age on sexual maturation parameters in Texel, Suffolk and Ile-de-France rams 2 Circulating concentrations of follicle stimulating hormone, luteinizing hormone, prolactine and testosterone. *Small Ruminant Research*, 28: 81-88. doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00074-6
- Membrillo, O. A., Córdova, I. A., Hicks, G. J. J., Olivares, C. I. M., Martínez, T. V. M. & Valencia, M. J. 2003. Peroxidación lipídica y antioxidantes en la preservación de semen. Una revisión. *Interciencia*, 28 (12): 699-704
- Moghaddam, G. H., Pourseif, M. M. & Rafat, S. A. (2012). Seasonal variation in semen quantity and quality traits of Iranian crossbred rams. *Slovakian Journal Animal Science*, 45 (3): 67-75.
- Orihuela, T. A. (2014). La conducta sexual del carnero; Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5 (1): 49-89.
- Porras, A. A., Zarco, L. A., & Valencia, J. M. (2003). Estacionalidad reproductiva en ovejas. *Ciencia Veterinaria*, 9 (4):1-34.
- Pourseif, M. M., & Moghaddam, G. H. (2012). Photoperiod as a factor for studying fluctuations of seminal traits during breeding and non-breeding seasons. *Journal of Cell and Animal Biology*, 6 (16): 241-249. doi:10.5897/JVMAH12.074
- Robinson, J. E., & Karsch, F. J. (1984). Refractoriness to inductive day lengths terminates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biology Reproduction*, 31: 656-663. doi: 10.1095/biolreprod31.4.656
- Santiago-Moreno, J., Toledano-Díaz, A., Castaño, C., Coloma, M. A., Esteso, M. C., Prieto, M. T., Delgadillo, J. A., & López-Sebastián, A. (2013). Photoperiod and melatonin treatments for controlling sperm parameters, testicular and accessory sex glands size in

- male Iberian ibex: A model for captive mountain ruminants. *Animal Reproduction Science*, 139: 45-52. doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.04.006
- Thiéry, J. C., Chemineau, P., Hernandez, X., Migaud, M. & Malpoux, B. (2002). Neuroendocrine interactions and seasonality. *Domestic Animal Endocrinology*, 23: 87-100. doi: 10.1016/s0739-7240(02)00148-0
- Webb, E. C., Dombo, M. H. & Roets, M. (2004). Seasonal variation in semen quality of Gorno Altai cashmere goats and South African indigenous goats. *South African Journal Animal Science*, 34 (1): 240-243.
- Wood, S., & Loudon, A. (2014). Clocks for all seasons: unwinding the roles and mechanisms of circadian and interval timers in the hypothalamus and pituitary. Review. *Journal of Endocrinology*, 222: 39-59. doi: 10.1530/JOE-14-0141
- Zamiri, M. J., Khalili, B., Jafaroghli, M., & Farshad, A. (2010). Seasonal variation in seminal parameters, testicular size, and plasma testosterone concentration in Iranian Moghani rams. *Small Ruminant Research*, 94: 132-136. doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.07.013

