

FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN LA CALIDAD SEMINAL DEL CARNERO

ENVIRONMENTAL FACTORS THAT AFFECT THE SEMINAL QUALITY OF RAMS

Arellano-Lezama, T.¹; Cruz-Espinoza, F.¹; Pro-Martínez, A.¹; Salazar-Ortiz, J.²; Gallegos-Sánchez, J.^{1*}

¹Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Km 36.5 carretera Federal México-Texcoco, Estado de México. México. CP 56230, ²Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados Carretera Federal Córdoba-Veracruz Km. 348, Rancho Trejo, 94500 Córdoba, Veracruz.

*Autor de correspondencia: gallegos@colpos.mx

RESUMEN

La fertilidad del carnero, es una variable de mayor importancia, ya que contribuye a mejorar la productividad y por lo tanto, mejorar la eficiencia económica de los rebaños. En el macho, el espermatozoide aporta el 50% de la información genética del individuo, por lo cual, los eventos físicos y fisiológicos involucrados en el proceso de espermatogénesis son importantes; así como, las variaciones a través del tiempo, del diámetro y desarrollo testicular y producción seminal, que tienen estrecha relación con la eficiencia reproductiva y están asociados a otros factores, tales como el fotoperiodo (época reproductiva contra época de anestro estacional), la nutrición (balance energético) y la raza. La eficiencia reproductiva del rebaño, en términos económicos, es la responsable del éxito o fracaso de la explotación. Un factor principal que condiciona este proceso durante el tiempo, es la estacionalidad productiva (época reproductiva, días cortos y anestro estacional, días largos). Es decir, a lo largo del año, los carneros experimentan fuertes cambios en la fisiología testicular, lo que modifica la expresión de diversas variables reproductivas asociadas a la fertilidad, y para evaluar esta característica, no solo se debe de tomar en cuenta el fotoperiodo, sino también factores, tales como la raza y nutrición.

Palabras clave: Desarrollo testicular, eficiencia reproductiva, raza, nutrición

ABSTRACT

The ram's fertility is a variable of high importance, since it contributes to improving productivity and, therefore, to improving the economic efficiency of the herds. In the male, the spermatozoon contributes 50 % of the genetic information of the individual, which is why the physical and physiological events involved in the process of spermatogenesis are important; also, the variations through time of the testicular diameter and development and seminal production, which have a close relationship to the reproductive efficiency and are associated to other factors, such as the photoperiod (reproductive season versus seasonal anestrus season), nutrition (energetic balance), and breed. The reproductive efficiency of the herds, in economic terms, is responsible for the success or failure of the farm. A principal factor that conditions this process through time is the productive seasonality (reproductive season, short days and seasonal anestrus, long days). That is, along the year rams experience strong changes in testicular physiology, which modifies the expression of various reproductive variables associated to fertility, and in order to evaluate this characteristic, not only must the photoperiod be taken into account, but also factors such as breed and nutrition.

Keywords: testicular development, reproductive efficiency, breed, nutrition.

INTRODUCCIÓN

La reproducción en los ovinos, está controlada por las horas luz (fotoperiodo), las cuales provocan, en los machos, variaciones en la producción espermática a través del tiempo (época reproductiva vs anestro estacional), es por ello que las razas de ovinos que habitan las regiones templadas (superior a 35 °), presentan alta calidad en la producción espermática durante el otoño-invierno (días cortos, latitud norte) y menor calidad en el periodo de primavera-verano (días largos; Evans y Maxwell, 1987: Figura 1); además, se sabe que la raza, provoca diferencias en la duración de la época reproductiva.

La nutrición, es otro factor que modifica la actividad reproductiva de los machos, por lo que, es de gran importancia, proporcionar un aporte adecuado de nutrientes en la dieta (balance energético positivo) y a través del tiempo; se menciona que es necesaria una alimentación (20% superior a los requerimientos de mantenimiento) de los carneros, ocho semanas antes y durante la época de empadre, con la finalidad de evitar movilización de las reservas corporales y la consecuente pérdida de condición corporal. Se sabe que, que con esta estrategia alimenticia, se garantiza buena producción y calidad espermática durante el proceso de espermatogénesis. En base a los antecedentes mencionados, se ha evidenciado que el fotoperiodo y la nutrición, son responsables de las variaciones neuroendocrinas que regulan la actividad reproductiva y que la raza del macho, deben ser tomada en cuenta, durante la evaluación reproductiva de los carneros (Mukasa-Mugerwa y Ezaz, 1992), por lo cual, el objetivo del presente trabajo fue describir los factores ambientales que controlan y afectan la producción seminal y las estrategias nutricionales para mejorar la calidad seminal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Neuroendocrinología y Fotoperiodo

En los ovinos originarios de las regiones templadas, la reproducción es estacional y se caracteriza por la alternancia de un periodo de anestro en primavera-verano y un periodo de actividad sexual en otoño-invierno (latitud norte). En las hembras, el periodo de anestro está asociado con la ausencia de ovulación, y por el contrario, la época reproductiva se caracteriza por la sucesión de ciclos estrales cada 16-18 días. Sin embargo, en los

machos, la producción espermática varía igualmente a lo largo del año, por ejemplo, en los carneros **Ile de France**, la producción diaria de espermatozoides es cuatro veces más elevada en otoño que en primavera (Dacheux *et al.*, 1981). Orihuela (2014) mencionó que los carneros, se caracterizan por presentar variaciones hormonales por efecto del fotoperiodo. Estas variaciones de la actividad reproductiva se producen como consecuencia de

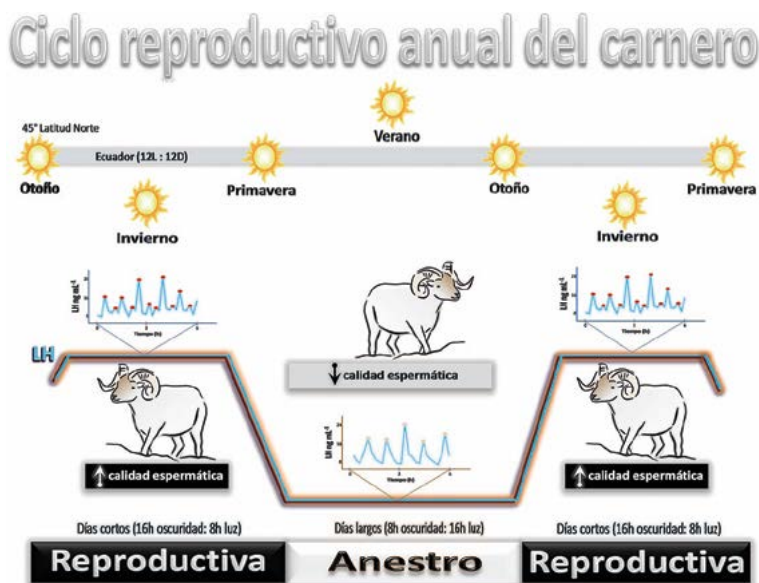
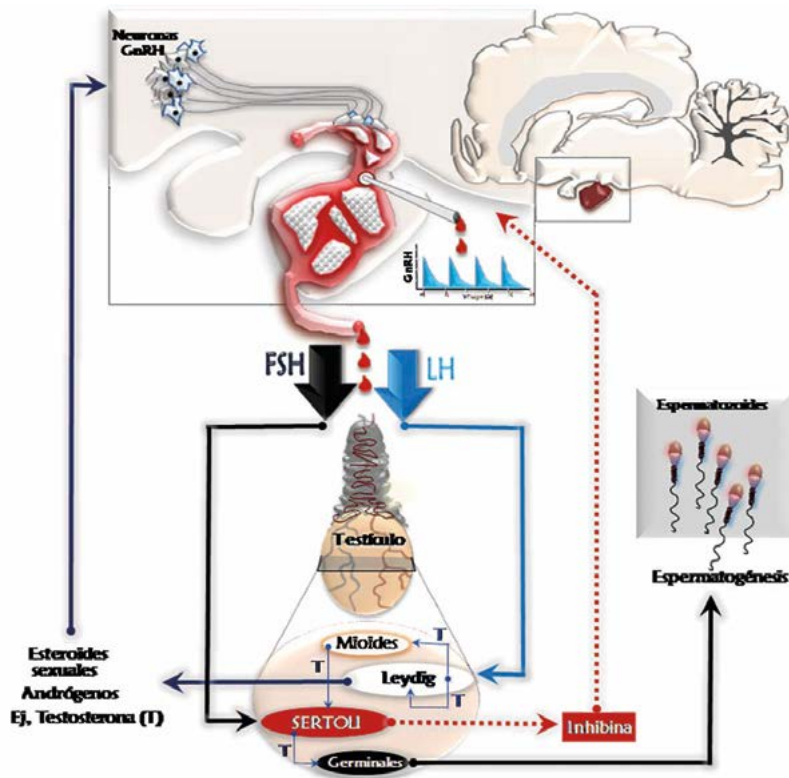


Figura 1. Representación esquemática del ciclo anual reproductivo del carnero. Se observan las diferencias en la calidad espermática y la secreción de LH a través del tiempo durante las dos épocas (reproducción vs anestro). El fotoperiodo sincroniza los ritmos endógenos en el carnero, a través de los mecanismos de adaptación a los días cortos (otoño-invierno) y a los días largos (primavera-verano) perciben los cambios diarios de las horas luz (ritmos circadianos). Se sabe que la época reproductiva en ovinos ocurre en otoño, pero las señales que marcan el reinicio de la actividad reproductiva se detectan en primavera.

los cambios en la secreción de las gonadotropinas (LH y FSH), esta influencia se ejerce mediante dos mecanismos complementarios: uno dependiente de los esteroides secretados por las gónadas, y el otro independiente de estas hormonas, efecto que se produce por las vías neuroendocrinas y que regulan la actividad gonadal (Figura 2). La melatonina, es una de las principales hormonas que intervienen en la regulación del ciclo anual productivo del carnero, y es uno de los mecanismos que relaciona el fotoperiodo y reproducción. La melatonina, es secretada por la glándula pineal con un ritmo día/noche bien definido y llega a la circulación periférica a través de la vena de Galieno, que drena la glándula pineal y por la vía del líquido cefalorraquídeo, por esta vía las concentraciones son de 2 a 10 veces más elevadas que en la circulación periférica, su secreción



tienen los testículos para responder a las variaciones estacionales del fotoperiodo, está estrechamente relacionada con la densidad de las poblaciones de receptores de FSH y LH, durante la involución y el restablecimiento de la actividad testicular, y por tanto, con las variaciones en la concentración de testosterona (Robinson y Karsch 1985; Lincoln *et al.*, 1990; Malpaux *et al.*, 1997; Holdcraft *et al.*, 2004; Figura 2). En las hembras, por ejemplo, las manifestaciones de estro, ocurren durante la época reproductiva, y por otra parte, en los machos, el efecto del fotoperiodo, se manifiesta presentando aumentos en la talla testicular, secreción de testosterona, mayor producción espermática y mayor libido (Gerlach y Aurich, 2000).

La raza y su relación con el fotoperiodo

La selección genética en los ovinos, con la finalidad de lograr una duración mayor de la época reproductiva e incrementar la prolificidad, ha generado muchas razas con características reproductivas diferentes (Lincoln *et al.*, 1990; Al-Shopery y Notter, 1996). La genética y el origen de la raza, han diferenciado fuertemente las características estacionales de cada raza; en la actualidad, por ejemplo, existen diferencias raciales en la duración de la época reproductiva e incluso en latitudes similares (López-Sebastián *et al.*, 2005; Cuadro 1). De este modo, las razas de ovinos de carne más pesadas del norte de Europa, como la Suffolk, presentan una estacionalidad mucho más marcada que otras razas, por ejemplo, la Merino o las razas de pelo, que son de las menos estacionales.

La nutrición y calidad seminal

Actualmente, existen muchos estu-

Figura 2. Esquema que muestra el eje de regulación neuroendócrina del macho. Las neuronas productoras de GnRH que se encuentran en diversos núcleos cerebrales hipotalámicos y adyacentes al hipotálamo secretan esta hormona, que a su vez, estimula la liberación de la FSH y LH, gonadotropinas procedentes de la adenohipófisis. La FSH viaja a través del torrente sanguíneo y hace blanco en la célula de Sertoli para estimular, de manera parácrina, a las células germinales a que inicien el proceso de espermatogénesis y la LH viaja también a través del torrente sanguíneo y hace blanco en la célula de Leydig para producir testosterona mantiene este evento fisiológico. Las células que poseen receptores de testosterona y que intervienen en la espermatogénesis, en el interior de los túbulos seminíferos, son las células de Sertoli y las mioideas-peritubulares.

es por un ritmo endógeno y la función de la luz es ajustar este ritmo a un período de 24 horas, siendo los núcleos supraquiasmáticos, las principales estructuras cerebrales, que modulan la secreción de la melatonina. Es importante, señalar que la luz tiene un efecto inhibitorio en la secreción de melatonina, es decir, prender la luz durante la noche, provoca una disminución de los niveles plasmáticos de melatonina en los animales.

La secreción de melatonina, aumenta durante los días cortos, y se correlaciona positivamente con un incremento en la secreción pulsátil de GnRH (Gerlach y Aurich, 2000; Malpaux *et al.*, 1993; Figura 3).

Además, el efecto del fotoperiodo, induce cambios circunales en la secreción pulsátil de LH, se incrementa durante el otoño (días cortos) y se reduce durante la primavera (días largos), es decir, la actividad testicular se estimula durante el otoño-invierno (época reproductiva; Thompson *et al.*, 1986) y cuando se presenta la época de anestro estacional (días largos), la fertilidad, los eventos neuroendocrinos y reproductivos en el macho, disminuyen a un nivel mínimo, aunque algo muy importante a considerar, es que los carneros no son azoospermicos, a pesar de la muy marcada reducción en la producción espermática durante esta época (Dacheaux *et al.*, 1981). En general, el potencial que

dios que describen los efectos de la nutrición en las funciones reproductivas del carnero. Se ha demostrado que los componentes que integran una dieta, pueden alterar la secreción de gonadotropinas (LH/FSH) por algunas semanas, pero, el crecimiento testicular es afectado por meses (Martin *et al.*, 2010). Estos efectos, pueden estar acompañados por cambios en la función endocrina del testículo, ya que el sistema circu-

ladorio, regula el transporte de testosterona de manera local; es decir, a nivel testicular, consecuentemente, no sólo el tejido del testículo se ve afectado, sino también, se afecta la espermatogénesis, y por lo tanto, la producción de espermatozoides (Setchell *et al.*, 1965), con base en la nutrición, se sabe que la cantidad de espermatozoides eyaculados se ve afectada entre la séptima y octava semana después de un cambio en la dieta (Martin *et al.*, 2010). Es por ello, que en el carnero, la respuesta de las neuronas productoras de GnRH a un cambio abrupto en la nutrición, es muy rápida, pero físicamente, se expresa en el transcurso de unas semanas (Martin *et al.*, 1994; Zhang *et al.*, 2004). Usualmente, una práctica común antes de la época de empadre, es suplementar a los carneros, durante ocho semanas, con la finalidad de asegurar una adecuada talla testicular y buena producción seminal

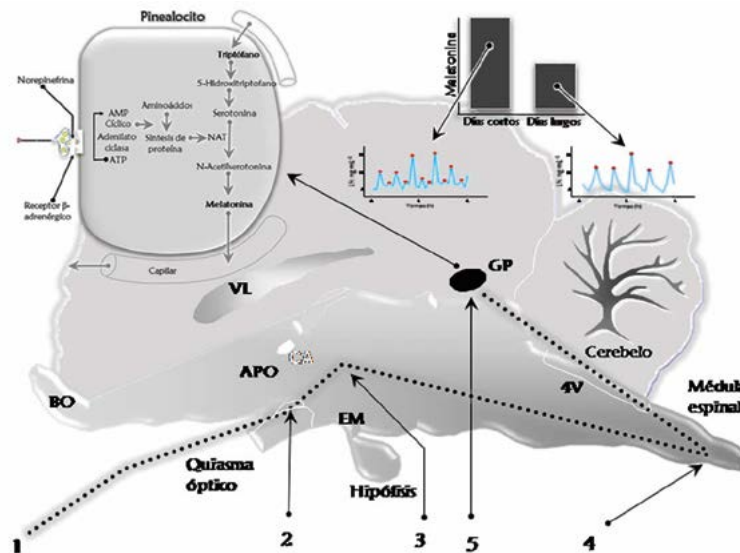


Figura 3. Representación esquemática de un corte sagital del cerebro de ovino. La línea punteada negra representa el camino de la información luminosa del ojo (1) a la glándula pineal (5) pasando por los núcleos supraquiasmáticos (2), los núcleos hipotalámicos paraventriculares (3) y los ganglios cervicales superiores (4). Área preóptica (APO), Comisura anterior (CA), Ventrículo lateral (VL), Eminencia media (EM), Glándula pineal (GP), Bulbo olfatorio (BO), Cuarto ventrículo (4V). Modificado de Malpaux *et al.* (1997).

tación normal, incrementan la secreción pulsátil de las de gonadotropinas (Blache, 2009). En los carneros se han observado efectos del balance de energía a nivel del eje reproductivo, incluyendo una disminución en la secreción de los pulsos de LH, después de una disminución en la ingesta de alimento (Martin y Walkeden-Brown, 1995), un incremento en el consumo de energía y proteína, induce a un incremento en la frecuencia de pulsos de GnRH/LH, así como también, a un incremento en la secreción de FSH. A largo plazo, un incremen-

Cuadro 1. Duración del anestro estacional en los ovinos en relación a la raza y latitud. Modificado de López-Sebastián *et al.* (2007)

País	Raza	Latitud (N)	Duración del anestro estacional														
			D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Islandia	Islandich	64°															
Reino Unido (Escocia)	Finish Landrace Scottish Blackface	57°															
Reino Unido (Inglaterra)	Dorset Welsh Mountain	53°															
Francia	Ile de France Prealpes	48°															
Canadá	Suffolk	45°															
USA	Suffolk Hampshire																
España	Rasa Aragonesa Manchega Merina	41° 40° 38°															
México	Pelibuey	19°															

(Martin *et al.*, 1994). Los cambios en el balance de energía actúan en el eje reproductivo (hipotálamo-hipófisis-testículos) y en los mecanismos reguladores de retroacción. La deficiencia energética, causada por una baja ingesta o por gasto excesivo (por ejemplo, muchas hembras por macho) disminuye la secreción de gonadotropinas en muchas especies; sin embargo, el restablecimiento de los patrones de alimentación normal, incrementan la secreción pulsátil de las de gonadotropinas (Blache, 2009). En los carneros se han observado efectos del balance de energía a nivel del eje reproductivo, incluyendo una disminución en la secreción de los pulsos de LH, después de una disminución en la ingesta de alimento (Martin y Walkeden-Brown, 1995), un incremento en el consumo de energía y proteína, induce a un incremento en la frecuencia de pulsos de GnRH/LH, así como también, a un incremento en la secreción de FSH. A largo plazo, un incremento sostenido en la nutrición lleva a un aumento tanto en la producción de espermatozoides como al tamaño de los testículos (Martin *et al.*, 1994b).

En los carneros, la respuesta de las neuronas productoras de GnRH, a los cambios abruptos en la nutrición, inicialmente es rápida e intensa, pero va disminuyendo

gradualmente (Martin *et al.*, 1994; Zhang *et al.*, 2004). Estas respuestas, son consistentes a nivel del sistema nervioso autónomo, e involucra dos niveles para que se lleve a cabo, y los procesos que se desarrollan en el cerebro y aquellos que se presentan en el tejido adiposo; pues existe un mecanismo de comunicación entre las vísceras y el cerebro, que se da a través del nervio vago, y que es parecido a las respuestas de saciedad, después de una comida (Woods *et al.*, 2004). Algunos nutrientes que se absorben rápidamente, como los ácidos grasos volátiles, podrían estar implicados en la velocidad de la respuesta. De hecho, se sabe que las concentraciones de insulina en plasma se incrementan alrededor de tres horas antes de la respuesta que presentan las neuronas productoras de GnRH, así como al incremento en el consumo de alimento (Zhang *et al.*, 2004). En contraste, en los carneros, el efecto de la nutrición a largo plazo (varias semanas) a nivel testicular, parece ser independiente de los cambios que ocurren en el sistema que controla la secreción pulsátil de GnRH (Hötzel *et al.*, 1995), durante estos procesos, la leptina podría estar involucrada porque al menos, en ratas, los testículos presentan receptores a leptina y esta puede inhibir la esteroidogénesis testicular (Tena-Sempere *et al.*, 1999; Tena-Sempere *et al.*, 2001). Los machos que son utilizados como sementales, deben ser evaluados con diferentes exámenes físicos, y es deseable, incluir perfiles hormonales (LH y testosterona), durante las épocas (reproductiva vs anestro estacional), ya que esto determina su actividad reproductiva anual (Schanbacher y Lunstra, 1977); además, una característica importante a evaluar, es el diámetro testicular, que se conside-

ra, una de las mejores pruebas para conocer el rendimiento reproductivo de los carneros. Es importante considerar que el diámetro testicular, es un criterio de selección y que depende de la heredabilidad, y que cambia de acuerdo a la raza, edad y época del año (Söderquist y Hultén, 2006), esta característica (diámetro testicular) permite evaluar el rendimiento de los carneros en diferentes estrategias nutricionales (Mukasa-Mugerwa y Ezaz, 1992). Otra característica, es la evaluación seminal, que es una prueba de control de calidad, integrada por variables cualitativas (movilidad masal, color y aspecto) y cuantitativas (concentración, movilidad progresiva individual, normalidad; Anel *et al.*, 2006).

En el Laboratorio de Reproducción de Ovinos y Caprinos (LaROCa) del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México, se realizó un estudio con la finalidad de evaluar el efecto de una dieta experimental alta en energía y proteína (DE; balance energético positivo; BEP), el efecto del fotoperiodo (época reproductiva vs época de anestro) y la raza (Pelibuey vs East Friesian) en el diámetro testi-

cular y el volumen del eyaculado de carneros adultos y sexualmente activos. Se utilizaron cuatro carneros de pelo, de la raza Pelibuey (R1) y cuatro carneros de lana, de la raza East Friesian (R2). Los ocho carneros, experimentaron una etapa de alimentación restringida (AR; balance energético negativo; BEN) en donde solo consumieron paja de avena y minerales durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, en la época reproductiva (ER) y también, durante los meses de enero, febrero, marzo y abril, para la época de anestro estacional (AE), posterior al periodo de alimentación restringida (AR), se les ofreció una dieta (DE) con un alto contenido de energía y proteína, durante los meses de octubre y noviembre, para la ER y mayo y junio, para el AE. Se evaluó el volumen del eyaculado y la circunferencia escrotal. Los carneros presentaron diferencias ($p < 0.05$) por efecto de raza, época y nutrición. En la ER (Figura 4) la R1, el volumen de eyaculado, aumentó de 1.2 ± 0.1 mL a 1.4 ± 0.2 mL ($p > 0.05$), para la R2 fue de 1.2 ± 0.2 mL a 1.6 ± 0.3 mL ($p > 0.05$). En el AE (Figura 5), para la R1, aumentó de 0.7 ± 0.1 a 1.2 ± 0.2

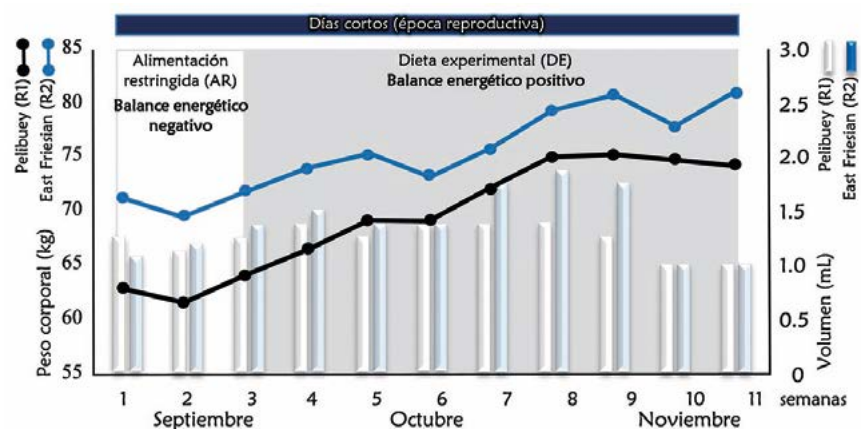


Figura 4. Época reproductiva (ER), se representan los cambios en el peso corporal (kg; líneas sólida negra y azul para Pelibuey (R1) y East Friesian (R2); respectivamente) se observa, que en la semana 9, es donde los sementales alcanzaron el mayor peso durante la fase experimental y en relación al volumen de eyaculado (mL; barra blanca y azul claro para R1 y R2; respectivamente), se observó, que en la semana 8, fue cuando se presentó el mayor volumen de eyaculado.

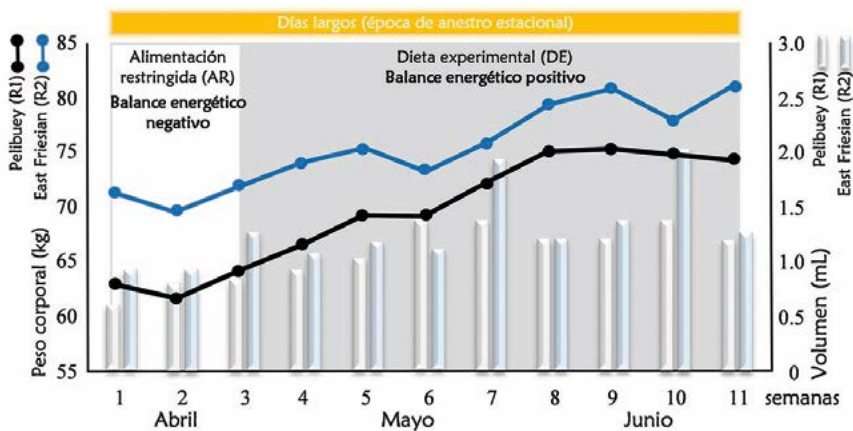


Figura 5. Anestro Estacional (AE), se representan los cambios en el peso corporal (kg; líneas sólida negra y azul para Pelibuey (R1) y East Friesian (R2); respectivamente) se observa, una disminución gradual en el peso corporal (semana 1 a la 3; AR) y un incremento gradual de la semana 4 a la 11 (DE) y en relación al volumen del eyaculado (Lm; barra blanca y azul claro para R1 y R2; respectivamente), se observó la misma tendencia que en el peso corporal.

mL ($p > 0.05$) y para la R2 aumentó de 1.2 ± 0.1 mL a 1.3 ± 0.4 mL.

Los valores obtenidos durante la ER de peso corporal y circunferencia escrotal, se describen en la Figura 6. Se observó en las dos razas (R1 y R2) un incremento ($p < 0.05$) gradual después del muestreo tres hasta el 11 (DE; P2) en el peso corporal, pasando de 66.4 ± 7.5 kg a 74.6 ± 7.5 kg en la R1 y de 75.1 ± 4.9 a 81.5 ± 6.9 kg para la R2. Para la circunferencia escrotal, en la R1 cambió de 31.8 ± 1.1 cm a 35.6 ± 1.1

cm y en la R2 pasó de 32.2 ± 1.9 cm a 34 ± 1.1 cm. El mayor incremento ($p < 0.05$) en el peso corporal, se presentó siete semanas después (muestreo 9) de haber iniciado con la DE (75.6 ± 8.9) para R1 y para la R2 fue durante el muestreo 11 (octava semana después de DE) y fue de 81.45 ± 6.9 . En relación a la circunferencia escrotal, en la semana ocho después de la DE (muestreo 11) fue donde se observó el mayor valor ($p < 0.05$; 35.6 ± 1.1 y 34 ± 1.1 , para la R1 y la R2; respectivamente).

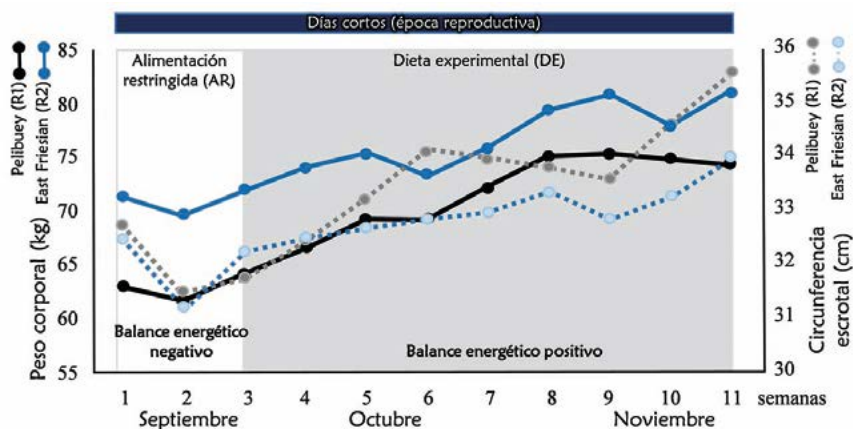


Figura 6. Época reproductiva (ER), se representan los cambios en el peso corporal (kg; líneas sólida negra y azul para Pelibuey (R1) y East Friesian (R2); respectivamente) se observa, que en la semana 9, es donde los sementales alcanzaron el mayor peso durante la fase experimental y en relación a la circunferencia escrotal (cm; línea punteada gris y azul claro para R1 y R2; respectivamente), se observó, que en la semana 11, fue cuando se presentó el mayor diámetro testicular.

Durante el AE, se analizaron los datos de tres semanas antes (AR) y ocho semanas después (DE). La Figura 7, muestra incremento ($p < 0.05$) del peso corporal, desde el inicio de la DE y hasta el final, cambiando de 69.3 ± 9.6 kg a 75.13 ± 8.3 kg para R1 y de 77.1 ± 2.3 kg a 84.3 ± 4.2 kg para R2 y de la circunferencia escrotal de 33.8 ± 2.0 a 34.8 ± 1.6 cm y de 34.1 ± 2.1 a 34.6 ± 1.9 cm para R1 y R2; respectivamente. Durante el periodo que se ofreció la DE, se observó una ganancia de peso en R1 de 5.9 kg y aumento en la circunferencia escrotal de 1 cm. Para la R2 se obtuvo la misma tendencia, una ganancia de 6.5 kg y un aumento en la circunferencia escrotal de 0.5 cm.

CONCLUSIONES

El fotoperiodo, a través de la estacionalidad, así como la nutrición, son variables que afectan los diferentes procesos neuroendocrinos, que influyen en el crecimiento testicular y por lo tanto, en el volumen de eyaculado y circunferencia escrotal, sin embargo, tanto para fines experimentales, como productivos, se debe tomar en cuenta la raza y la edad del carnero.

LITERATURA CITADA

Al-Shopery A.A., Notter D.R. 1996. Genetic variation and covariation for ewe reproduction, lamb growth, and lamb scrotal circumference in a fall-lambing sheep flock. *Journal of Animal Science*. 74: 1490-1498.

Anel L., Alvarez M., Martínez-Pastor F. 2006. Improvement strategies in ovine artificial insemination. *Reproduction in Domestic Animals*. 41 (2): 30-42.

Blache D., Chagas M.L, Blackberry A.M., Vercoe PE., Martin GB. 2000. Metabolic factors affecting the reproductive axis in male sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*. 120: 1-11.

Dacheaux J.L., Pisselet C., Blanc M.R., Hochereau de Reviers MT., Courrot M. 1981. Seasonal variations in rete testis

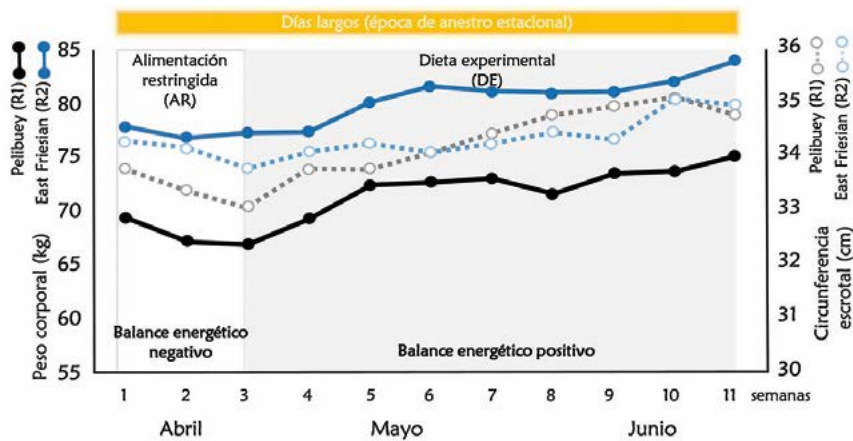


Figura 7. Anestro Estacional (AE), se representan los cambios en el peso corporal (kg; líneas sólida negra y azul para Pelibuey (R1) y East Friesian (R2); respectivamente) se observa, una disminución gradual en el peso corporal (semana 1 a la 3; AR; P1) y un incremento gradual de la semana 4 a la 11 (DE; P2) y en relación a la circunferencia escrotal (cm; línea punteada gris y azul claro para R1 y R2; respectivamente), se observó la misma tendencia que en el peso corporal.

fluid secretion and sperm production in different breeds of ram. *Journal of Reproduction and Fertility*. 16: 363-371.

- Evans G., Maxwell W.M.C. 1987. *Artificial Insemination of Sheep and Goats*. University Press, Sydney, NSW, Australia. 194pp.
- Gerlach T., Aurich J.E. 2000. Regulation of seasonal reproductive activity in the stallion, ram and hamster. *Animal Reproduction Science*. 58(3-4):197-213
- Ghorbankhani F., Souri M., Moeini M.M., Mirmahmoudi R. 2015. Effect of nutritional state on semen characteristics, testicular size and serum testosterone concentration in Sanjabi ram lambs during the natural breeding season. *Animal Reproduction Science*. 153:22-28.
- Holdcraft R.W., Braun R.E. 2004. Androgen receptor function is required in Sertoli cells for the terminal differentiation of haploid spermatids. *Development*. 131: 459-467.
- Hötzel M.J., Walkden-Brown S.W., Blackberry M.A., Martin G.B. 1995. The effect of nutrition on testicular growth in mature Merino rams involves mechanisms that are independent of changes in GnRH pulse frequency. *Journal of Endocrinology*. 147: 75-85.
- López Sebastián A., González de Bulnes A., Santiago Moreno J., Veiga López A., Toledano Díaz A., Contreras I. Manejo Reproductivo en Pequeños Rumiantes. 2005. En: *Memorias IV Curso Internacional Fisiología de la Reproducción en Rumiantes*. Colegio de Postgraduados, campus Montecillo. 83-104.
- Lincoln G.A., Lincoln C.E., Mc Neilly A.S. 1990. Seasonal cycles in the blood plasma concentration of FSH, inhibin and testosterone, and testicular size in rams of wild, feral and domesticated breeds of sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*. 88: 623-633.
- Martin G.B., Tjondronegoro S., Blackberry M.A. 1994. Effects of nutrition on testicular size and the concentrations of gonadotrophins, testosterone and inhibin in plasma of mature male sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*. 101: 121-128.
- Martin G.B., Walkden-Brown S.W. 1995. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *Journal of Reproduction and Fertility-Supplements only*. 49: 437-450.
- Malpoux B., Daveau A., Maurice F., Gayraud V., Thiery J.C. 1993. Short-day effects of melatonin on luteinizing hormone secretion in the ewe: evidence for central sites of action in the mediobasal hypothalamus. *Biology of Reproduction*. 48: 752-760.
- Malpoux B., Viguié 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: 431-438.
- Martin G.B., Blache D., Miller D.W., Vercoe P.E. 2010. Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal*. 4:7, 214-1226.
- Mukasa-Mugerwa E., Ezaz Z. 1992. Relationship of testicular growth and size to age, body weight and onset of puberty in Menz ram lambs. *Theriogenology*. 38 (5): 979-88.
- Orihuela T.A. 2014. La conducta sexual del carnero. Revisión Ram's sexual behavior. Review. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*. 5(1):49-89.

- Perón N. 2004. El macho en el comportamiento reproductivo del rebaño ovino. *Rvta. ACPA* 1.
- Robinson J.E., Karsch F.J. 1984. Refractoriness to inductive day lengths terminates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biology of Reproduction*. 31:656-663.
- Schanbacher B.D., Lunstra D.D. 1976. Acute and chronic effects of gonadotropin releasing hormone on reproductive characteristics of rams during the nonbreeding season. *Journal of Animal Science*. 44: 650-655.
- Setchell B., Waites G.M.H., Lindner H.R. 1965. Effect of undernutrition on testicular blood flow and metabolism and the output of testosterone in the ram. *Journal of Reproduction and Fertility*. 9: 149-162.
- Söderquist L., Hultén F. 2006. Normal Values for the Scrotal Circumference in Rams of Gotlandic Breed. *Reproduction in Domestic Animals*. 41(1): 61-62.
- Tena-Sempere M., Kero J., Rannikko A., Yan W., Huhtaniemi I. 1999. The pattern of inhibin/activin α - and β -subunit messenger ribonucleic acid expression in rat testis after selective Leydig cell destruction by ethylene dimethane sulfonate. *Endocrinology*. 140: 5761-5770.
- Tena-Sempere M., Manna P.R., Zhang F.P., Pinilla L., Gonzalez L.C., C. Dieguez C. Huhtaniemi I., Aguilar E. 2001. Molecular mechanisms of leptin action in adult rat testis: potential targets for leptin-induced inhibition of steroidogenesis and pattern of leptin receptor messenger ribonucleic acid expression. *Journal of Endocrinology*. 2: 413-423.
- Thompson D.L., Johnson L., St. George R.L., Garza F. 1986. Concentrations of prolactin, luteinizing hormone and follicle stimulating hormone in pituitary and serum of horses: effect of sex, season and reproductive state. *Journal of Animal Science*. 63: 854-860.
- Woods E.J., Benson J.D., Agca Y., Critser J.K. 2004. Fundamental cryobiology of reproductive cells and tissues. *Cryobiology*. 48, 146-156.
- Zhang S., Blache D., Blackberry M.A., Martin G.B. 2004. Dynamics of the responses in secretion of LH, leptin and insulin following an acute increase in nutrition in mature male sheep. *Reproduction, Fertility and Development* 16 823-829.