

Respuesta reproductiva de las cabras anéstricas sometidas al efecto macho utilizando machos de alta y baja jerarquía

Reproductive response of anestrus goats by the male effect using males of high and low hierarchy

Laura Maribel Cedillo-Ramírez¹, José Alfredo Flores-Cabrera^{1*}

¹Centro de Investigación en Reproducción Caprina, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, C.P. 27054, Torreón, Coah., México. Tel.: (871) 7 297641. E-mail: flores_cabrera@hotmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

El propósito de este estudio consistió en determinar la respuesta reproductiva de las cabras anéstricas estimuladas mediante el efecto macho, con machos de alta y baja jerarquía social. Se utilizaron 50 hembras anovulatorias adultas, que se dividieron en dos grupos: uno de cabras (n= 27) que se expuso a tres machos de baja jerarquía social y otro más de hembras (n= 23) fue expuesto a tres machos de alta jerarquía social. Las hembras permanecieron en contacto con los machos durante 18 días. El porcentaje de hembras que ovularon del día 6 al 18 después de la introducción de los machos se determinó mediante dos ultrasonografías transrectales, las cuales se efectuaron del día 6 al 18 después de la introducción de los machos, con un equipo Scanner modo-B (Aloka SSD, Tokio, Japón), equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz. El criterio para determinar si una hembra había ovulado fue la presencia de al menos un cuerpo lúteo en los ovarios. La fertilidad al parto se determinó mediante el número de cabras paridas entre el número total de cabras, y la prolificidad mediante el número de cabritos que nacieron entre el número de cabras paridas. Las proporciones de las hembras que ovularon y la fertilidad al parto se compararon mediante la prueba de Chi-cuadrada, en tanto que la prolificidad se comparó mediante una prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. El porcentaje de hembras que tuvieron ovulaciones durante los primeros seis días de exposición a los machos no difirió ($P>0.05$) con el de las hembras expuestas a machos de baja jerarquía (63.9%), ni con aquellas estimuladas con machos de alta jerarquía social (78.3%). De igual manera, en la segunda ovulación inducida (día 7-18), el número de hembras que ovularon no fue diferente ($P<0.05$) al de las hembras de los dos grupos (88.9 y 100%, para las hembras estimuladas con machos de baja y alta jerarquía, respectivamente). En la fertilidad y la prolificidad no se registró diferencia entre las hembras estimuladas con machos de alta y baja jerarquía ($P>0.05$), por lo que se concluyó que la jerarquía social de los machos no afectó la respuesta reproductiva de las cabras anéstricas estimuladas mediante el efecto macho.

Palabras clave: caprinos, jerarquía, anestro, actividad reproductiva, ovulación.

ABSTRACT

This study was carried out to determine the reproductive response of anestrus female goats stimulated throughout the male effect using males of low and high social hierarchy. Fifty adult anovulatory female goats were divided on two groups. A group of female (n=27) was exposed to three males from low hierarchy. Another group of does (n=23) was exposed to three males of high hierarchy. Two groups of females remained in contact with the males during 18 days. The first and second male-induced ovulations were assessed by the presence and number of corpora lutea observed in each female by transrectal ultrasonography 6 and 18 days after introduction of the bucks. Transrectal ultrasonography was performed using an Aloka SSD-500 machine connected to a 7.5 MHz linear probe. Fertility (number of females kidding/number of females exposed to males) and prolificacy (number of kids born/number of females giving birth) were determined at parturition. Ovulations were compared using Chi square. The proportions of females with ovulations and fertility were compared between groups using the Mann-Whitney U-test. The proportion of females that ovulated in the first male-induced ovulation did not differ significantly ($p>0.05$) between does stimulated with low (63.9%) or high hierarchy (78.3%). Similarly, in the second male-induced ovulation did not differ ($p>0.05$) between two groups (88.9% and 100% for does stimulated with low and high hierarchy males, respectively). Fertility and prolificacy were not affected by the level of hierarchy of males ($P<0.05$). We conclude that hierarchy of males does not affect the reproductive response of anestrus goats when are stimulated by male effect.

Keywords: caprins, hierarchy, anestrus, reproductive activity, ovulation.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los pequeños rumiantes, incluidas las cabras y las ovejas, al igual que sus ancestros salvajes presentan un periodo de reposo sexual estacional, el cual varía entre las diferentes razas y regiones. Este periodo de inactividad sexual representa un mecanismo de adaptación para que las crías nazcan en la época más favorable del año y tengan más posibilidades de sobrevivir (Bronson, 1989). Sin embargo, la existencia de un periodo de baja o nula actividad reproductiva tiene consecuencias importantes en el desempeño reproductivo de los rebaños y repercute en la economía de las explotaciones. El conocimiento de los mecanismos fisiológicos responsables del anestro de las hembras y del reposo sexual de los machos ha permitido desarrollar técnicas simples para el control de la reproducción, a la vez que minimiza los efectos adversos de la estacionalidad reproductiva.

Algunos de estos tratamientos incluyen la asociación entre tratamientos fotoperiódicos en los machos y la utilización de los machos para inducir y sincronizar la actividad sexual de las hembras en anestro, mediante un fenómeno conocido como efecto macho (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Bedos *et al.*, 2010; 2012).

Se ha demostrado que la actividad sexual de los machos se puede estimular durante el periodo de reposo sexual (marzo-abril), al someterlos a un tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses (del 1 de noviembre al 15 de enero) de días largos artificiales (Delgadillo *et al.*, 2002); una vez activos sexualmente, al ponerlos en contacto con las hembras anéstricas provoca que, en menos de 15 días, se estimule la actividad estral y ovulatoria de más del 90% de las hembras (Flores *et al.*, 2000; Ponce *et al.*, 2014; Loya-Carrera *et al.*, 2014). Sin embargo, existen factores que pueden modificar la respuesta de los machos al tratamiento fotoperiódico y afectar la respuesta de las hembras al efecto macho. Por ejemplo, se han registrado diferencias de comportamiento sexual en los machos cabríos tratados con días largos, al ser puestos en contacto con hembras anovulatorias. Tales diferencias individuales posiblemente se deban a que la respuesta al tratamiento puede afectarse por las relaciones de jerarquía y dominancia existente entre los machos.

Diversos estudios han demostrado que las relaciones sociales afectan la actividad reproductiva de los mamíferos, como es el caso del ciervo rojo (*Cervus elaphus*) en el que, durante la época de reproduc-

ción, las hembras dominantes quedan gestantes antes que las subordinadas (Clutton-Brock *et al.*, 1986). De igual manera, en las cabras se ha demostrado que las hembras de alta y media jerarquía social ovulan antes que las de baja (Álvarez *et al.*, 2003). En los carneros se ha reportado que los machos dominantes inhiben el comportamiento sexual de los machos subordinados (Estep *et al.*, 1988; Price, 2008; Ungerfeld y González-Pensado, 2008); lo mismo sucede con los machos ovinos Pelibuey dominantes que durante la época reproductiva presentan: mayor libido, mayor circunferencia escrotal, mayores concentraciones de testosterona y mayor producción de semen que los machos subordinados (Aguirre *et al.*, 2007). Sin embargo, no existen estudios sobre la importancia de la jerarquía de los machos cabríos en su actividad reproductiva y en su capacidad para estimular la de las hembras anéstricas, a través del efecto macho. Por tal motivo, en este estudio se compara la capacidad de los machos de alta y baja jerarquía para estimular la actividad reproductiva de las cabras durante el anestro estacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo durante marzo y abril (periodo de reposo sexual en los machos y de anestro en las hembras), en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, así como en una explotación privada en el ejido Morelos II, municipio de Matamoros, Coah., México. Se utilizaron nueve machos cabríos criollos adultos, de 2.5 años de edad, los cuales fueron alojados en un corral de 23 m² y sometidos a un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz/día), del 1 de noviembre al 15 de enero para luego, a partir del día 16 del mismo mes, exponerlos nuevamente al fotoperiodo natural, ya que estudios previos han demostrado que este tratamiento fotoperiódico induce una intensa actividad sexual de los machos durante el periodo de reposo sexual (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). A lo largo del estudio, los machos fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y con 300 g de concentrado comercial (14% P.C.) por día y por animal, además de que tuvieron libre acceso a sales minerales y agua.

Del 21 al 27 de marzo se determinó la jerarquía de los machos mediante la técnica del índice de éxito de cada macho, descrita por Barroso *et al.* (2000) y Álvarez *et al.* (2003), que consiste en registrar las si-

guientes interacciones agonísticas durante 2 h continuas, por 7 d consecutivos: golpes, amenazas, empujones, persecuciones, huidas y evasiones. El registro de las interacciones agonísticas lo realizó una persona al momento de proporcionar la alimentación a todos los machos (09:00-11:00 h). Las observaciones se repitieron cada día, a la misma hora. Con la información obtenida del estudio conductual (ganar o perder la interacción), se calculó el índice de éxito para cada macho con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de éxito (IE)} = \frac{\text{Número de individuos que es capaz de}}{\text{Número de individuos que} + \text{Número de individuos que es capaz de desplazar}}$$

Una vez determinado el IE de cada macho, se escogieron los tres de más alta jerarquía y los tres de jerarquía más baja, que luego fueron puestos en contacto con las hembras.

Se utilizaron además 50 hembras adultas multiparas. Todas las hembras tuvieron sus partos en diciembre, y se ordeñaban manualmente una vez al día. Las hembras, que fueron estabuladas, recibían una alimentación de 2.0 kg de heno de alfalfa henuificada y 200 g de concentrado comercial (14% de P.C.) por día/hembra. Además, tuvieron libre acceso a agua limpia y sales minerales. Para comprobar la ausencia de actividad reproductiva antes del efecto macho, 10 d antes de la introducción de los machos

se utilizó una ultrasonografía transrectal. El criterio para determinar si una hembra estaba anovulatoria fue la ausencia de cuerpos lúteos en ambos ovarios durante la ecografía (De Castro *et al.*, 1999). Luego de considerar su condición corporal (CC), las hembras que resultaron anovulatorias se dividieron en dos grupos homogéneos (Cuadro 1).

Efecto macho

El 31 de marzo (día 0), las cabras se pusieron en contacto con los machos: el primer grupo de hembras (n=27; CC=2.0 ± 0.06) se puso en contacto con tres machos de más baja jerarquía, que previamente se identificaron; el otro (n=23; CC=2.0 ± 0.09) se puso en contacto con tres machos de alta jerarquía. En los dos casos, los machos permanecieron en contacto con las hembras las 24 h durante 18 d.

Variables evaluadas

Para determinar el porcentaje de hembras que ovularon al día 6 y 18 después de la introducción de los machos, en esos días se les practicaron dos ultrasonografías transrectales con un Scanner modo-B (Aloka SSD, Tokio, Japón), equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz, para buscar la presencia de al menos un cuerpo lúteo en los ovarios. La fertilidad al parto se determinó mediante el número de cabras paridas entre el número total de cabras, y la prolificidad mediante el número de cabritos que nacieron entre el número de cabras paridas.

Cuadro 1.

Grupos	n	Condición corporal	Hembras que ovularon del día	Hembras que ovularon del día	Fertilidad al parto	Prolificidad (media ±EEM)
			0-6 (%)	7-18 (%)		
Hembras con machos de baja jerarquía	27	2.5±1.3 ^a	63.9 ^a (17/27)	88.9 ^a (24/27)	56.6 ^a (13/27)	1.5±0.12 ^a
Hembras con machos de alta jerarquía	23	2.5±2.4 ^a	78.3 ^a (18/23)	100 ^a (23/23)	48.1 ^a (13/23)	1.8±0.09 ^a

^{a,b} Literales diferentes entre grupos indica diferencia estadística significativa (P<0.05).

Análisis estadísticos

Las proporciones de las hembras que ovularon y la fertilidad al parto se compararon mediante la prueba de Chi-cuadrada, en tanto que la prolificidad se comparó mediante la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio permiten demostrar que en los machos cabríos tratados con días largos artificiales la jerarquía no afecta su habilidad para estimular la actividad reproductiva de las cabras anovulatorias mediante el efecto macho, ya que el porcentaje total de hembras que tuvieron ovulaciones durante los primeros seis días de exposición a los machos, no difirió ($P > 0.05$) entre las hembras expuestas a machos de baja jerarquía (63.9%), y en aquellas estimuladas con machos de alta jerarquía (78.3%) (Cuadro 1). De igual manera, en la segunda ovulación inducida (día 7-18), el número de hembras que ovularon no fue diferente ($P < 0.05$) entre las de los dos grupos (88.9 y 100%, para las hembras estimuladas con machos de baja y alta jerarquía, respectivamente). Tampoco se registró diferencia en la fertilidad y la prolificidad entre las hembras estimuladas con machos de alta y baja jerarquía (Cuadro 1).

Con este estudio se confirma lo reportado en otros, los cuales indican que en los caprinos domésticos existen relaciones de dominancia y subordinación en la organización social (Barroso *et al.*, 2000). Sin embargo, a pesar de estas relaciones de dominancia y subordinación, tanto los machos de baja como de alta jerarquía fueron capaces de inducir la ovulación en la mayoría de las cabras, durante los 18 días de contacto. Lo anterior puede explicarse con los argumentos siguientes:

1. Es probable que después de varios días de contacto con los machos de baja jerarquía, algunas hembras iniciaran su actividad sexual, lo que probablemente permitió un mejoramiento del comportamiento sexual de los machos en los días siguientes, como lo indican Walkden-Brown *et al.* (1993), al señalar que la presencia de hembras en estro permite un reforzamiento del estímulo entre machos y hembras, y/o una estimulación hembra-hembra (Restall *et al.*, 1995), lo que probablemente permitió que no se registrara diferencia en la respuesta ovulatoria y reproductiva entre los dos grupos.

2. La ausencia de diferencias entre las hembras en contacto con machos subordinados (baja jerarquía) y con machos dominantes (alta jerarquía), se debió probablemente al tratamiento fotoperiódico al cual fueron sometidos los machos.

En efecto, los machos tratados con días largos artificiales respondieron al tratamiento, ya que incrementaron las concentraciones de testosterona, peso testicular, intensidad del olor y conductas sexuales durante el periodo de reposo sexual (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Es probable que el tratamiento fotoperiódico al que fueron sometidos todos los machos fue suficiente para que manifestaran conductas sexuales, y éstas a su vez fueron suficientes para desencadenar una respuesta en las cabras. En fechas recientes se demostró que el comportamiento sexual de los machos sometidos a días largos, así como la elevada secreción de feromonas contribuyen a mantener una elevada secreción de LH en las hembras, lo que permite que una alta proporción de éstas ovule al exponerlas a los machos cabríos sexualmente activos (Vielma *et al.*, 2009).

3. El nivel jerárquico de cada macho se determinó en el grupo en el que se encontraban, y ahí recibieron el tratamiento fotoperiódico; posteriormente, estos machos fueron separados y se pusieron en contacto con las hembras, en corrales diferentes, a una distancia de al menos 50 m entre sí, para evitar el contacto visual, auditivo y olfatorio entre ellos. Al respecto, Price (2008) reportó que los machos dominantes pueden inhibir las actividades sexuales de los animales subordinados, simplemente por su presencia, y que su ausencia elimina la supresión (Estep *et al.*, 1988). Con base en lo anterior, es probable que en este estudio los machos de menor jerarquía no se inhibieran al no tener la presencia de un macho más dominante, por lo que, una vez en contacto con las hembras, manifestaran un mayor número de conductas. Sería interesante determinar si la presencia en el mismo grupo de un macho dominante y uno subordinado puede afectar la respuesta de las hembras anéstricas durante el efecto macho.

Finalmente, la respuesta reproductiva encontrada en las hembras caprinas de este estudio es similar a la reportada en la mayoría de los estudios realizados anteriormente en la Comarca Lagunera, en los cuales se utilizaron machos con 2.5 meses de días largos para inducir la actividad sexual y gestar a la mayoría de las cabras anovulatorias, que luego fueron puestas en contacto con ellos (Flores *et al.*, 2000;

Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Bedos *et al.*, 2012). En la mayoría de estos estudios, más del 85% de las cabras presentaron estro y ovularon en los primeros 15 días después de la introducción de los machos. Lo anterior demuestra que el tratamiento de días largos artificiales a los que fueron sometidos los machos, es un método muy efectivo para estimular su actividad sexual durante el periodo de reposo sexual, y éstos, a su vez, representan un estímulo muy fuerte para la inducción sexual de las hembras mediante el efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2006; 2009).

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo demuestran que la jerarquía social de los machos cabríos tratados con 2.5 meses de días largos artificiales no afecta su capacidad para estimular la actividad reproductiva de las cabras mediante el efecto macho. Los machos de alta y baja jerarquía social son igual de eficientes para inducir la ovulación y gestar las hembras anéstricas a través del efecto macho.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al caprinocultor Juan Manuel de Arco por facilitar las hembras para realizar el estudio, y a todos los miembros del CIRCA por su asistencia técnica.

LITERATURA CITADA

- AGUIRRE, V., A. Orihuela y R. Vázquez. 2007. Seasonal variations in sexual behavior, testosterone, testicular size and semen characteristics, as affected by social dominance, of tropical hair rams (*Ovis aries*). *Anim. Sci. J.* 78: 417-423.
- ÁLVAREZ, R.L., G.B. Martin, M.F. Galindo y Q.L. Zarco. 2003. Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 84: 119-126.
- BARROSO, F.G., C.L. Alados y J. Boza. 2000. Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 69: 35-53.
- BEDOS, M., J.A. Flores, G. Fitz-Rodríguez, M. Keller, B. Malpoux, P. Poindron, y J.A. Delgadillo. 2010. Four hours of daily contact with sexually active males is sufficient to induce fertile ovulation in anestrus goats. *Horm. Behav.* 58: 473-477.
- BEDOS, M., H. Velázquez, G. Fitz-Rodríguez, J.A. Flores, H. Hernández, G. Duarte, J. Vielma, I.G. Fernández, M.S. Retana-Márquez, M. Muñoz-Gutiérrez, M. Keller y J.A. Delgadillo. 2012. Sexually active bucks are able to stimulate three successive groups of females per day with a 4-hour period of contact. *Physiol. Behav.* 106: 259-263.
- BRONSON, F.H. 1989. *Mammalian reproductive biology*. University of Chicago Press, Chicago. 325 pp.
- CLUTTON-BROCK, T.H., S.D. Albon y F.E. Guinness. 1986. Great expectations: dominance, breeding success and offspring sex ratios in red deer. *Anim. Behav.* 34, 460-471.
- DE CASTRO, T., E. Rubianes, A. Menchaca y A. Rivera. 1999. Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the inter ovulatory interval in goats. *Theriogenology.* 52: 399-411.
- DELGADILLO, J.A., J.A. Flores, F.G. Véliz, H.F. Hernández, G. Duarte, J. Vielma, P. Poindron, P. Chemineau y B. Malpoux. 2002. Induction of sexual activity of lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificial long days. *J. Anim. Sci.* 80: 2780-2786.
- DELGADILLO, J.A., J.A. Flores, F.G. Véliz, G. Duarte, J. Vielma, H. Hernández, I.G. Fernández. 2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 391-400.
- DELGADILLO, J.A., H. Gelez, R. Ungerfeld, P.A.R. Hawken, P.A.R. y G.B. Martin. 2009. The "male effect" in sheep and goats: revisiting the dogmas. *Behav. Brain Res.* 200: 304-314.
- ESTEP, D.Q., K. Nieuwenhuijsen, K.W. Bruce, K.J. De Neef, P.A. Walters, S.C. Baker y A.K. Slob. 1988. Inhibition of sexual behavior among subordinate stump tail macaques (*Macaca arctoides*). *Anim. Behav.* 36: 854-864.
- FLORES, J.A., F.G. Véliz, J.A. Pérez-Villanueva, G. Martínez de la Escalera, P. Chemineau, P. Poindron, B. Malpoux y J.A. Delgadillo. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 62: 1409-1414.
- LOYA-CARRERA, J., M. Bedos, J.L. Ponce-Covarrubias, H. Hernández, P. Chemineau, M. Keller y J.A. Delgadillo. 2014. Switching photo-stimulated males between groups of goats does not improve the reproductive response during the male effect. *J. Anim. Reprod. Sci.* 146: 21-26
- PONCE-COBARRUBIAS, J.L., H. Velázquez, G. Duarte, M. Bedos, H. Hernández, M. Keller, P. Chemineau y J.A. Delgadillo. 2014. Reducing exposure to long days from 75 to 30 days of extra-light treatment does not decrease

- the capacity of male goats to stimulate ovulatory activity in seasonally anovulatory females. *Dom. Anim. Endocrinol.* 48: 119-125
- PRICE, E.O. 2008. Principles and applications of domestic animal behavior. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 107.
- RESTALL, B.J., H. Restall and S.W. Walkden-Brown. 1995. The induction of ovulation in anovulatory goats by oestrous females. *Anim. Reprod. Sci.* 40: 299-303.
- RIVAS-MUÑOZ, R., G. Fitz-Rodríguez, P. Poindron, B. Malpaux y J.A. Delgadillo. 2007. Stimulation of oestrous behavior in grazing female goats by continuous
- UNGERFELD, R. y S.P. González-Pensado. 2008. Social dominance and courtship and mating behaviour in rams in non-competitive and competitive pen tests. *Reprod. Dom. Anim.* 2009: 44-47.
- VIELMA, J., P. Chemineau, P. Poindron, B. Malpaux y J.A. Delgadillo. 2009. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrus female goats. *Horm. Behav.* 56: 444-449.
- WALKDEN-BROWN, S.W., B.J. Restall y Henniawati, 1993. The male effect in the Australian Cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females. *Anim. Rep. Sci.* 32: 69-84.