



EL ESTÍMULO DEL MACHO CABRÍO INCREMENTA LA FUNCIÓN REPRODUCTIVA DE LAS CABRAS CRIOLLAS DEL SEMIDESIERTO MEXICANO INDEPENDIENTEMENTE DEL RÉGIMEN DE FOTOPERIODO

THE MALE EFFECT STIMULUS INCREASES REPRODUCTIVE ACTIVITY OF MEXICAN CRIOLLO GOATS IRRESPECTIVE OF THE PHOTOPERIODIC REGIME

Romana Melba Rincón-Delgado¹; Carlos Fernando Aréchiga^{1*}; Francisco Javier Escobar¹; José Manuel Silva¹; Jairo Iván Aguilera-Soto¹; Marco Antonio López-Carlos¹; Heriberto Rodríguez¹; César Alberto Meza-Herrera²; Javier Valencia³.

¹Universidad Autónoma de Zacatecas. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Zacatecas, Zac. C. P. 98000. MÉXICO. Tel. (011-52-478) 985-0202). Correo-e: arechiga@uaz.edu.mx o arechiga.carlos@gmail.com (*Autor para correspondencia).

²Universidad Autónoma Chapingo-Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango. MÉXICO.

³Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Universitaria C. P. 04410. México, D. F.

RESUMEN

Se evaluó la influencia de un macho cabrío sexualmente activo sobre el inicio de la actividad reproductiva (actividad hipotalámica y ovárica) y la sucesión de los ciclos estrales en cabras criollas expuestas a fotoperiodo artificiales alternados (decreciente/creciente) en un rango de 13.4 a 10.6 horas de luz por día hasta completar 6 ciclos fotoperiódicos de 90 d por cada ciclo: fotoperiodo creciente (n=3); fotoperiodo decreciente (n=3). Las cabras criollas procedentes del semidesierto zacatecano (n=30) fueron asignadas de manera aleatoria a dos grupos: 1) cabras expuestas a un macho cabrío sexualmente activo (n=15); 2) cabras no expuestas al macho cabrío (ausencia de macho cabrío; n=15). Dentro de cada grupo experimental existían cabras ovariectomizadas (OVX, n=5), cabras ovariectomizadas e implantadas con estradiol (OVX + E2, n=5), y cabras ovariointactas (testigo, n=5). Se recolectaron muestras de suero sanguíneo de las cabras OVX y OVX + E2, cada cuatro semanas, durante 6 h en intervalos de 15 min (es decir, 24 muestras/día), para determinar la frecuencia (FREQ), la amplitud (AMP) y la concentración (CONC) de la hormona luteinizante (LH). En las cabras testigo (no tratadas), se obtuvieron 2 muestras de sangre a la semana para cuantificar los niveles de progesterona en suero sanguíneo mediante un radioinmunoanálisis (RIA). Las cabras con implantes de E2 (cabras OVX + E2) mostraron un incremento en la frecuencia de los pulsos de la hormona luteinizante en comparación con las cabras OVX sin implante de E2 (2.0 ± 0.5 vs. 0.7 ± 0.1 LH pulsos/6 h). La presencia de un macho sexualmente activo aumenta la frecuencia, la amplitud y la concentración de la hormona luteinizante en cabras OVX en comparación con cabras no expuestas a machos (Frecuencia: 3.2 ± 0.4 vs. 0.7 ± 0.1 pulsos/6 h; Amplitud: 1.6 ± 0.1 vs. 0.8 ± 0.3 ng·mL⁻¹; Concentración 5.3 ± 0.6 vs. 2.0 ± 0.9 ng·mL⁻¹) ($P < 0.001$). En las cabras testigo (con los ovarios intactos), la presencia y estímulo del "efecto macho" indujo una mayor función reproductiva (actividad lútea) y un incremento considerable en la sucesión de los ciclos estrales, mostrando un mayor número de días en actividad lútea (44 ± 9.05 vs. 32.3 ± 20.6); menor número de días en anestro (4.0 ± 4.8 vs. 51.9 ± 28) y un mayor número de fases lúteas (15.7 ± 4.4 vs. 11.3 ± 8.7). Todo ello sin afectar los niveles séricos de la hormona progesterona (6.8 ± 0.8 vs. 7.3 ± 0.5) ($P > 0.05$). En conclusión, la presencia de un macho cabrío sexualmente activo estimuló una mayor actividad ovárica de las cabras, disminuyendo la duración del anestro estacional, incluso bajo condiciones de fotoperiodo artificial-controlado ascendente. Esta estrategia pudiera permitir incrementar la función reproductiva y de esa manera reducir la temporada de anestro o inactividad reproductiva de las cabras criollas del norte de México.

Recibido: 23 de agosto, 2009
 Aceptado: 23 de septiembre, 2009
 doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.08.062
 www.chapingo.mex/revistas

PALABRAS CLAVE:

Cabras, fotoperiodo, progesterona, hormona luteinizante, presencia de macho.

ABSTRACT

Influence of a sexually-active male buck was evaluated on the onset of reproductive function (hypothalamic and ovarian activity) and estrous cycles progression in Criollo goats from the northern Mexican desert, exposed to an alternated (decreasing/increasing) artificially controlled photoperiod fluctuating within 13.4 to 10.6 light hours per day until fulfilling 6 photoperiodic cycles of 90 d each cycle: ascending (n=3); and descending (n=3). Mexican-native Criollo goats (n=30) were randomly assigned into 2 treatment groups: 1) goats exposed to a sexually-active male buck (n=15); 2) goats not exposed to a male buck (absence of a male buck; n=15). Each experimental group of goats included ovariectomized goats (OVX, n=5), ovariectomized and estradiol-implanted goats (OVX + E2, n=5), and intact-ovaries goats (Control, n=5). Blood samples were taken from OVX and OVX + E2 goats, every four weeks, during 6 h at 15 min intervals (i.e., 24 samples/day), to determine frequency (FREQ), amplitude (AMP), and concentration (CONC) of luteinizing hormone (LH). For Control goats, blood samples were taken twice every week in order to quantify serum-progesterone levels through radioimmunoanalysis (RIA). Goats implanted with E2 (OVX + E2-goats) showed an increased LH pulse frequency compared to OVX-goats without an E2 implant (2.0 ± 0.5 vs. 0.7 ± 0.1 LH pulses/6 h). Presence of a sexually-active male buck increased frequency, amplitude and concentration of LH in OVX goats compared to goats not exposed to males (Frequency: 3.2 ± 0.4 vs. 0.7 ± 0.1 pulses/6 h; Amplitude:

KEY WORDS: Goats, photoperiod, progesterone, ovarian activity, male effect.

1.6 ± 0.1 vs. 0.8 ± 0.3 ng·mL⁻¹; Concentration: 5.3 ± 0.6 vs. 2.0 ± 0.9 ng·mL⁻¹) ($P < 0.001$). In Control goats (intact ovaries), male exposure increased luteal activity and estrous cycle progression reflected as a greater number of days in luteal activity (44 ± 9.05 vs. 32.3 ± 20.6); a reduced number of days in anestrus (4.0 ± 4.8 vs. 51.9 ± 28) and a greater number of luteal phases (15.7 ± 4.4 vs. 11.3 ± 8.7) without compromising serum progesterone levels (6.8 ± 0.8 vs. 7.3 ± 0.5) ($P > 0.05$). In conclusion, presence of a sexually-active male buck induced a greater ovarian activity in Criollo goats, shortening seasonal anestrus even during an ascendent controlled-photoperiod. Such strategy, using a sexually-active male buck might be helpful to increase ovarian activity and reproductive function during the seasonal anestrus of Criollo goats from dry and arid areas of northern Mexico and similar regions of the world.

INTRODUCCIÓN

Un mundo global demanda un incremento en la producción de cabras y en la implementación de tecnologías reproductivas (Aréchiga *et al.*, 2008; Aréchiga y Rincón, 1998). Las cabras criollas muestran una estacionalidad reproductiva, aun en altiplanos áridos de México, como se puede ver mediante la evaluación del aparato reproductor (Valencia *et al.*, 1986, 1990), midiendo los niveles de progesterona sérica en cabras no preñadas (Escobar *et al.*, 1997) o mediante la evaluación de los patrones de actividad reproductiva (Chemineau *et al.*, 2004). Durante el anestro estacional, los machos cabríos mostraron una actividad reproductiva y un estímulo sexual reducido. Los tratamientos fotoperiódicos han demostrado ser exitosos ya que aumentan la actividad sexual de las cabras que se localizan en latitudes subtropicales (Delgadillo *et al.*, 2002, 2003, 2004) así como en machos cabríos criollos expuestos a ciclos fotoperiódicos alternando luz-oscuridad (16 h L:8 h D); con o sin tratamiento con melatonina (Delgadillo *et al.*, 1995, 2001, 2002, 2004, 2006). Se propuso una combinación de fotoperiodo y efecto macho para regular la estacionalidad reproductiva de las cabras (Delgadillo *et al.*, 2003, 2004, 2006, 2009). De hecho, el "efecto macho" ha sido reconocido como una técnica valiosa para inducir la ovulación fértil sincronizada durante el anestro post-parto y estacional tanto en cabras como en ovejas (Gelez y Fabre-Nys, 2004; Restall, 1992; Scaramuzzi y Martin, 2008; Walkden-Brown *et al.*, 1999). Los machos sexualmente activos expuestos a ovejas (Ungerfeld *et al.*, 2004) y cabras prepúberes (Amoah y Bryant, 1984; Mellado *et al.*, 2000) y adultas sincronizaron la actividad sexual ya sea por anestro estacional o por lactancia (Pellicer-Rubio *et al.*, 2007; Veliz *et al.*, 2002, 2006a, 2006b). Un gran número de cabras expuestas a un macho sexualmente activo mostraron una conducta estral dos o tres días después de ser reunidos con el macho cabrío (Chemineau, 1983, 1987) y ovularon al reaccionar a un macho mediante el aumento de la secreción de GnRh y de la hormona luteinizante (Chemineau *et al.*, 1986a, 1986b, 2006).

Además de eso, existen vínculos claros entre la disponibilidad del combustible metabólico (glucosa, piruvato y lactato) y la función reproductiva (Ebling, 2005). De hecho, los cambios en los niveles de sangre o en las hormonas metabólicas son señales importantes

INTRODUCTION

A global world demands an increased goat production and implementation of accurate reproductive technologies (Aréchiga *et al.*, 2008; Aréchiga and Rincón, 1998). Criollo goats display reproductive seasonality, even in arid highland regions of Mexico, as demonstrated by evaluating reproductive tracts (Valencia *et al.*, 1986, 1990), measuring serum progesterone levels in non pregnant goats (Escobar *et al.*, 1997) or by evaluating reproductive activity patterns (Chemineau *et al.*, 2004). During seasonal anestrus, male bucks have shown a reproductive activity and a reduced sexual stimulus. Photoperiodic treatments have proved to be successful by increasing sexual activity in goats under subtropical latitudes (Delgadillo *et al.*, 2002, 2003, 2004) as well as in Criollo bucks exposed to alternating light-dark photoperiodic cycles (16 h L: 8 h D); either with or without melatonin treatment (Delgadillo *et al.*, 1995, 2001, 2002, 2004, 2006). A combination of photoperiod and male effect has been proposed to regulate goat reproductive seasonality (Delgadillo *et al.*, 2003, 2004, 2006, 2009). In fact, the "male effect" has been recognized as a valuable technique for inducing a synchronized fertile ovulation during seasonal and post-partum anoestrus both in goats and sheep (Gelez and Fabre-Nys, 2004; Restall, 1992; Scaramuzzi and Martin, 2008; Walkden-Brown *et al.*, 1999). Sexually-active males exposed to prepubertal (Amoah and Bryant, 1984; Mellado *et al.*, 2000) and adult females goats synchronized reproductive activity under either lactational or seasonal anestrus (Pellicer-Rubio *et al.*, 2007; Veliz *et al.*, 2002, 2006a, 2006b), and ewes (Ungerfeld *et al.*, 2004). A high proportion of goats exposed to a sexually active male showed estrus behavior two or three days after joining with the buck (Chemineau, 1983, 1987) and ovulated in response to a male by increases in both GnRH and LH secretion (Chemineau *et al.*, 1986a, 1986b, 2006).

Besides that, clear links exist between metabolic fuel (glucose, pyruvate and lactate) availability and the reproductive function (Ebling, 2005). In fact, changes in the blood levels of metabolic hormones are important signals that inform the nutritional status of mammals (Gamez-Vazquez *et al.*, 2008; Meza-Herrera *et al.*, 2007, 2008). An explanation is that the response to a feed supplementation alters glucose, insulin, leptin or IGF-I and probably other metabolic hormones which in turn may affect reproductive function (Guerra-García

que informan sobre el estado nutricional de los mamíferos (Gámez-Vázquez *et al.*, 2008; Meza-Herrera *et al.*, 2007, 2008). Una explicación es que la reacción a los suplementos alimenticios altera la glucosa, la insulina, la leptina o IGF-I y posiblemente otras hormonas metabólicas que a su vez puede afectar la función reproductiva (Guerra-García *et al.*, 2009; Meza-Herrera *et al.*, 2004, 2008, 2010a, 2010b; Scaramuzzi *et al.*, 2006). Así mismo, los suplementos bajo condiciones de pastoreo han mejorado la tasa de ovulación y de preñez de las cabras criollas expuestas al efecto macho (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). No obstante, se ha resaltado que la “innovación” del macho podría ser más importante que el aislamiento del macho (Delgadillo *et al.*, 2009). La presencia del macho también ha inducido a la actividad reproductiva en implantación de melatonina en cabras del mediterráneo provocando un pequeño retraso en la reactivación de la actividad reproductiva durante la temporada de reproducción natural (Zarazaga *et al.*, 2009). De igual manera, se ha observado un intervalo de 2-3 meses a partir del solsticio de verano para la reanudación de la actividad ovárica en cabras expuestas ya sea a un fotoperiodo natural o a un ciclo controlado de fotoperiodo artificial con una duración de 6 a 12 meses (Escobar, 1997). Por ellos, “el efecto macho” puede aumentar la actividad reproductiva de las cabras criollas mexicanas a pesar de la influencia del fotoperiodo.

El presente trabajo evaluó el efecto de la presencia o la ausencia de un macho cabrío sexualmente activo en la actividad ovárica (lútea) y la sucesión del ciclo estral en ovejas criollas expuestas a una alimentación y a un fotoperiodo controlado con duración de 6 meses en el Centro-Norte de México. Por otra parte, dentro de cada grupo experimental se agregó un grupo de cabras ovariectomizadas (OVX) y un grupo de cabras ovariectomizadas con implante de estradiol (OVX + E2) con el fin de determinar el efecto macho sobre los cambios en la respuesta neuroendocrina que conforma el principal determinante neuroendocrino del estado reproductivo estacional.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación, animales y tratamientos

Este estudio se llevó a cabo en la Universidad de Zacatecas, Centro-Norte de México, latitud norte 23° 00' y longitud oeste 102° 44' y a 2,150 m sobre el nivel del mar. El experimento incluyó a cabras criollas, (n=30) provenientes de una región que se localiza en las zonas áridas y semiáridas del estado de Zacatecas en el Centro norte de México. Estas cabras no preñadas cuentan con un peso promedio de 39 ± 4.5 kg. Además, se introdujo en el estudio un macho cabrío sexualmente

et al., 2009; Meza-Herrera *et al.* 2004, 2008, 2010a, 2010b; Scaramuzzi *et al.*, 2006). Also, supplementation under grazing conditions has improved ovulation and pregnancy rates of Creole goats exposed to the male effect (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). However, it has been emphasized that male “novelty” could be more important than male isolation (Delgadillo *et al.*, 2009). Male presence has also induced reproductive activity in melatonin-implanted Mediterranean female goats causing a small retardation in the reactivation of reproductive activity during the natural breeding season (Zarazaga *et al.*, 2009). Also, it has been observed a 2-3 months interval from summer solstice (June 21st) to ovarian activity resumption in goats exposed to either natural photoperiod or controlled cycles of artificial photoperiod 6-12 months-long (Escobar, 1997). Therefore, “the male effect” may increase reproductive activity of Mexican-criollo goats despite the photoperiodic influence.

Present work evaluated the effect of presence or absence of a sexually-active male buck on ovarian (luteal) activity and estrous cycle progression in Criollo goats exposed to a controlled 6-months-long photoperiod and feeding at North-Central Mexico. Moreover, to determine the male effect on the changes in neuroendocrine response that constitutes the primary neuroendocrine determinant of seasonal reproductive state, a group of ovariectomized (OVX) and ovariectomized and estradiol implanted (OVX +E2) goats, were included in each experimental group.

MATERIAL AND METHODS

Location, animals and treatments

The study was carried out at the University of Zacatecas located in North-Central Mexico at 23° 00' North latitude and 102° 44' West longitude, and 2,150 m above the sea level. The experiment include Criollo goats, (n=30) from a region located in arid and semiarid areas of Zacatecas State in North-Central México. These non-pregnant goats had an average body weight of 39 ± 4.5 kg. In addition, a sexually-active male buck was included in the study. Animals were located in controlled-photoperiodic chambers (i.e., controlling light-hours per day) to provide 350 lux directly over goat eyes (height). All goats were exposed to an alternated (decreasing/increasing) controlled artificial photoperiod fluctuating within 13.4 to 10.6 light hours per day during each 90 d-cycle until fulfilling 6 photoperiodic cycles: ascending (n=3); and descending (n=3). Main purpose was to simulate occurrence of two consecutive natural photoperiods during a year, and to evaluate the effect of a specific photoperiod upon reproductive function of goats. Both, males and females were fed a ration to satisfy their re-

activo. Los animales se colocaron dentro de cámaras fotoperiódicas controladas (es decir, controlando las horas de luz por día) con 350 lux directamente a la altura de los ojos de las cabras. Todas las cabras fueron expuestas a un fotoperiodo artificial controlado alterno (ascendente/descendente) en un rango de 13.4 a 10.6 horas de luz por día durante cada 90 d-ciclo hasta alcanzar los 6 ciclos fotoperiódicos: ascendente (n=3); y descendente (n=3). El principal objetivo fue simular los acontecimientos de dos fotoperiodos naturales consecutivos durante un año, y evaluar el efecto de un fotoperiodo específico sobre la función reproductiva de las cabras. Tanto las hembras como los machos fueron alimentados con una ración que cubrió sus necesidades y mantuvo su condición corporal por arriba del 3 (es decir, una escala de 0 a 5).

Diseño experimental

Se formaron dos grupos de cabras al azar: un grupo con cabras no expuestas a la presencia de un macho cabrío sexualmente activo (grupo control, n=15) y el otro, con cabras expuestas a un macho cabrío sexualmente activo (grupo experimental, n=15). Cada grupo (n=15), estaba conformado por cabras ovariectomizadas (cabras OVX, n=5), cabras ovariectomizadas y con implante de estradiol (cabras OVX+E2, n=5), y cabras ovariointactas o cabras control (CG, n=5). Ambos grupos fueron expuestos a un fotoperiodo artificialmente controlado. En consecuencia, se incluyeron las variaciones anuales en horas luz por día en un fotoperiodo mensual artificialmente controlado con el fin de obtener dos ciclos fotoperiódicos al año y evaluar las variaciones en respuesta a la presencia o ausencia de un macho cabrío sexualmente activo. Así mismo, el macho cabrío también fue expuesto a un tratamiento fotoperiódico corto-largo mensual alterno (luz-oscuridad) [foto periodo largo: 16 h L/8 h D; y fotoperiodo corto: 8 h L/16 h D] como previamente se comentó por Delgadillo *et al.*, (1995). Se introdujo un macho cabrío sexualmente activo al grupo experimental (cabras expuestas al macho cabrío), el cual estuvo presente durante el segundo ciclo fotoperiódico y permaneció con las cabras durante el día dependiendo del tratamiento fotoperiódico recibido. Las cabras testigo se mantuvieron permanentemente sin la presencia de un macho.

Recolección de muestras de sangre

Se recolectaron muestras de sangre dos veces por semana para determinar los niveles de progesterona (P4). Estas muestras se obtuvieron por punción de vena yugular, utilizando tubos Vacutainer, y después fueron centrifugadas (1,500 x g, 15 min, 4 °C). Se separó el suero sanguíneo y éste fue almacenado a una temperatura de -20 °C, hasta que se realizó un radioinmunoanálisis.

quirements and maintain a body condition score above 3 (i.e., scale 0 to 5).

Experimental design

Goats were randomly assigned to 2 groups: Goats non-exposed to presence of a sexually-active male buck (Control group, n=15) and goats exposed to a sexually-active male buck (Treated group, n=15). Within each group (n=15), there were ovariectomized goats (OVX goats, n=5), ovariectomized and estradiol-implanted goats (OVX+E2 goats, n=5), and intact-ovaries or control goats (CG, n=5). Both groups were exposed to a controlled artificial photoperiod. Thus, annual variations in light-hours per day were included in a -months long controlled artificial photoperiod in order to obtain two photoperiodic cycles within a year and to evaluate variations in response to the presence or absence of a sexually-active male buck. The buck was also exposed to monthly alternated long-short photoperiodic (light-dark) treatments [long: 16 h L/8 h D; and short: 8 h L/16 h D] as previously reported by Delgadillo *et al.* (1995). The sexually-active buck was introduced to the treated group (goats exposed to a male buck) the second photoperiodic cycle and remained with the goats throughout the day depending upon the photoperiodic treatment received. Control goats were kept permanently without a male presence.

Blood sample collection

Blood samples were collected twice a week to determine progesterone levels (P4). Samples were obtained by jugular venipuncture using Vacutainer® tubes and then centrifuged (1,500 x g, 15 min, 4 °C). Blood serum was separated and stored at -20 °C until a radioimmunoanalysis assay was performed. Samples with progesterone levels above 1 ng/mL of blood serum were considered as evidence of an active corpus luteum and therefore of a previous ovulation occurrence. Blood samples for LH determination were taken every 4 weeks during an intensive sampling (6 h, every 15 min; 24 samples per goat). Samples were obtained by jugular venipuncture using Vacutainer® tubes and then centrifuged (1,500 x g, 15 min, 4 °C). Blood serum was separated and stored at -20 °C until the radioimmunoassay was performed.

Progesterone radioimmunoassay

Progesterone levels were determined by a solid phase radioimmunoassay (Coat-A-Count, Los Angeles, CA). Assay sensitivity was 0.01 ng/mL and intra- and inter-analyses variation coefficients were 6.7 % and 10.6 %, respectively. Samples with progesterone levels above 1ng/mL of blood serum, were considered as evidence of corpus luteum presence and previous ovulation occurrence.

Las muestras con niveles de progesterona por arriba del 1 ng/mL en el suero sanguíneo fueron consideradas como evidencias de un cuerpo lúteo activo y por lo tanto, de las ovulaciones anteriores. Se tomaron muestras de sangre cada 4 semanas durante un muestreo intensivo (6 h, cada 15 min; 24 muestras por cabra) para la determinación de la LH. Se obtuvieron muestras por punción de vena yugular usando tubos Vacutainer y después fueron centrifugadas (1,500 x g, 15 min, 4 °C). Se separó el suero sanguíneo y fue almacenado a una temperatura de -20 °C hasta que se llevó a cabo un radioinmunoanálisis.

Radioinmunoensayo de progesterona

Los niveles de progesterona fueron determinados por un radioinmunoensayo en fase sólida (Coat- A-Count, Los Angeles, CA). El ensayo de sensibilidad fue de 0.01 ng/mL y los coeficientes de variación intra e inter análisis fueron de 6.7 % y 10.6 %, respectivamente. Las muestras con niveles de progesterona por arriba de 1 ng/mL de suero sanguíneo fueron consideradas como evidencia de la presencia del cuerpo lúteo y el acontecimiento de ovulaciones anteriores.

Radioinmunoensayo de hormona luteinizante (LH)

Las concentraciones de la hormona luteinizante fueron determinadas por un radioinmunoensayo en fase líquida en tubos por triplicado. El ensayo de sensibilidad de la LH fue de 0.1 ng/mL, y los coeficientes de variación intra e inter análisis fueron de 6.2 % y 7.08 %, respectivamente. La frecuencia de pulso, la amplitud y la concentración de la LH fueron determinadas mediante el programa Pulsar, el cual fue desarrollado por Merina y Watcher (1982) y reportado por Hoefler y Hallford, (1987).

Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo por medio del procedimiento GLM de SAS utilizando un modelo de efectos fijos (SAS, 2000). Se realizó una prueba de Tukey para determinar las diferencias de la media.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia de un macho cabrío sexualmente activo provocó una reducción en la temporada de anestro de las cabras criollas, así como, el aumento en el número de días con actividad luteal, y por consecuencia, un aumento en el número de fases luteales con tendencia a altos niveles de progesterona durante un ciclo fotoperiódico artificial descendiente como ocurre de forma natural durante el solsticio de invierno (Figura 1). Cuando se introdujo un macho cabrío sexualmente activo estos efectos permanecieron

Luteinizing hormone (LH) radioimmunoassay

LH concentrations were determined by liquid phase radioimmunoanalyses in triplicate tubes. LH assay sensitivity was 0.1ng/mL, and intra- and inter-analyses variation coefficients were 6.2 % and 7.08 %, respectively. LH pulse frequency, amplitude and concentration were determined using the Pulsar program developed by Merina and Watcher (1982) and reported by Hoefler and Hallford, (1987).

Statistical analyses

Statistical analyses were performed using GLM procedure of SAS using a fixed effects model classified on time (SAS, 2000). A Tukey test was performed in order to determine mean differences.

RESULTS AND DISCUSSION

The presence of a sexually active male buck promoted a reduced anestrus season in Criollo goats as well as a greater number of days showing luteal activity, and therefore, a greater number of luteal phases with a trend for higher progesterone levels during a descending artificial photoperiodic cycle as naturally occur during the winter solstice (Figure 1). When the sexually-active male buck was introduced these effects remain longer despite the occurrence of ascending artificial photoperiodic cycles (summer solstice), which supposed to be periods of reproductive inactivity. A greater number of goats remained cycling while a greater estrous-cycle progression was observed (Figure 1-2).

A male buck became sexually-active by exposure to alternated photoperiodic monthly treatments (16 h L:8 h D; and viceversa; Delgadillo *et al.*, 2001; 2004a; 2004b; 2006). In our study, E2-implanted goats, exposed to a sexually-active male buck, showed an increased LH secretion (LH pulses/6 h), similar to that occurred during reproductive seasonality. Thus, negative feed-back of estradiol (E2) on hypothalamus was absent during days of ascendant photoperiod (Karsch *et al.*, 1984). LH concentration, pulse frequency and amplitude of OVX and E2-implanted goats were similar to those facing reproductive seasonality of goats (Chemineau, 1983; Chemineau *et al.*, 1988, Henniawati *et al.*, 1995; Restall, 1992). Generally, presence of a sexually-active male buck increased serum LH levels (Table 1).

LH hormone levels

Presence of a sexually-active male buck significantly increase ($P<0.01$), LH pulse frequency, amplitude and concentration in the OVX-goats exposed to an artificial photoperiod. However, there were no LH variations within artificial photoperiodic treatments (Tables 1-4).

por más tiempo a pesar del ciclo fotoperiódico artificial ascendente (solsticio de verano), el cual supone ser un periodo de inactividad reproductiva. Un gran número de cabras permaneció con el ciclo mientras que se observó una mayor sucesión en el ciclo estral (Figure 1-2).

Un macho cabrío se vuelve sexualmente activo al ser expuesto a tratamientos fotoperiódicos alternos mensuales (16 h L:8 h D; y viceversa; Delgadillo *et al.*, 2001; 2004a; 2004b; 2006). En este estudio, las cabras implantadas con E2, expuestas a un macho cabrío sexualmente activo, mostraron un aumento en la secreción de la LH (LH pulsos/6 h), algo similar ocurrió durante la temporada reproductiva. Por lo tanto, la retroalimentación negativa del estradiol (E2) en el hipotálamo estuvo ausente durante los días de fotoperiodo ascendente (Karsch *et al.*, 1984). La concentración de la LH, la frecuencia de los pulsos y la amplitud de las cabras OVX implantadas con E2 fue similar a aquellas cabras que estaban en estacionalidad reproductiva (Chemineau, 1983; Chemineau *et al.*, 1988, Henniawati *et al.*, 1995; Restall, 1992). En general, la presencia de un macho cabrío sexualmente activo aumenta los niveles en suero de la LH (Cuadro 1).

Niveles de hormona en la LH

La presencia de un macho cabrío sexualmente activo aumenta significativamente ($P < 0.01$), la amplitud, la concentración y la frecuencia del pulso de la LH en cabras OVX expuestas a un fotoperiodo artificial. Sin embargo, no se mostraron variaciones en la LH dentro de los tratamientos fotoperiódicos artificiales (Cuadro 1-4).

Cabras ovariectomizadas

Las cabras OVX expuestas a la presencia de un macho cabrío presentaron un aumento mayor en la frecuencia del pulso (pulsos/ 6 h), la amplitud y la concentración, ($P < 0.01$) de la LH, que las cabras no expuestas a un macho cabrío (Frecuencia: 3.2 ± 0.4 vs. 0.7 ± 0.1 pulsos de la LH cada 6 h; Amplitud: 1.6 ± 0.1 vs. 0.8 ± 0.3 ng/mL; Concentración: 5.3 ± 0.6 vs. 2.0 ± 0.9 ng/mL). Véanse los Cuadros 1-4.

Las cabras OVX mostraron una disminución en los niveles de la LH. No obstante, cuando a las cabras se les implanto E2, los niveles de la LH aumentaron (frecuencia del pulso, amplitud y concentración), mientras que la presencia de un macho cabrío sexualmente activo aumento considerablemente los niveles de la LH ($P < 0.01$). Por ello, parece ser que el estradiol ovárico juega un papel importante en una retroalimentación positiva y en la activación del eje hipotálamo-hipofisario-gonadal subsecuente a la temporada de anestro en cabras criollas. Sin embargo, el estímulo E2 fue insuficiente debido a que tal efecto fue provocado solo

Ovariectomized goats

OVX-goats exposed to the presence of a sexually-active male buck, presented a higher LH pulse frequency 6 h), amplitud and concentration, ($P < 0.01$), than goats not exposed to a male buck (Frequency: 3.2 ± 0.4 vs. 0.7 ± 0.1 LH pulses every 6 h; Amplitud: 1.6 ± 0.1 vs. 0.8 ± 0.3 ng/mL; Concentration: 5.3 ± 0.6 vs. 2.0 ± 0.9 ng/mL). See Tables 1-4.

OVX goats showed reduced LH levels. However, when goats were E2-implanted, LH levels increased (pulse frequency, amplitud and concentration), while the presence of a sexually-active male buck considerably increased LH levels ($P < 0.01$). Therefore, it seems that ovarian estradiol play a crucial role in a positive feedback and hypothalamic-hypophyseal-gonadal axis activation

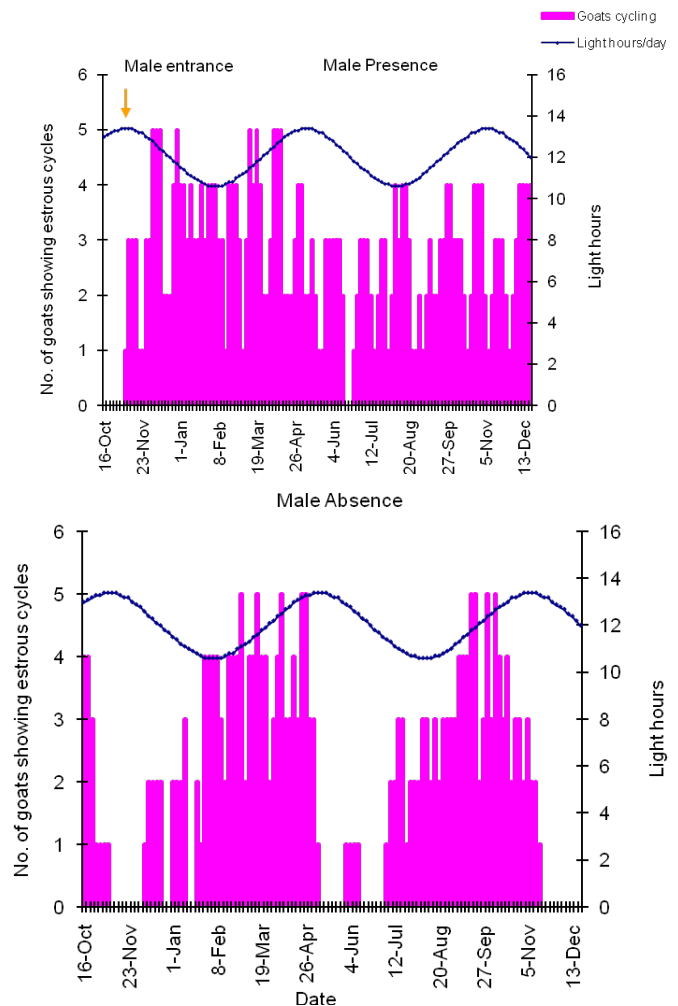


FIGURA 1. Efecto de la presencia de un macho cabrío sexualmente activo en la presencia de un grupo de cabras criollas con ciclos estrales bajo un fotoperiodo controlado.

FIGURE 1. Effect of presence of a sexually-active male buck on number of control Criollo goats showing estrous cycles under a controlled photoperiod.

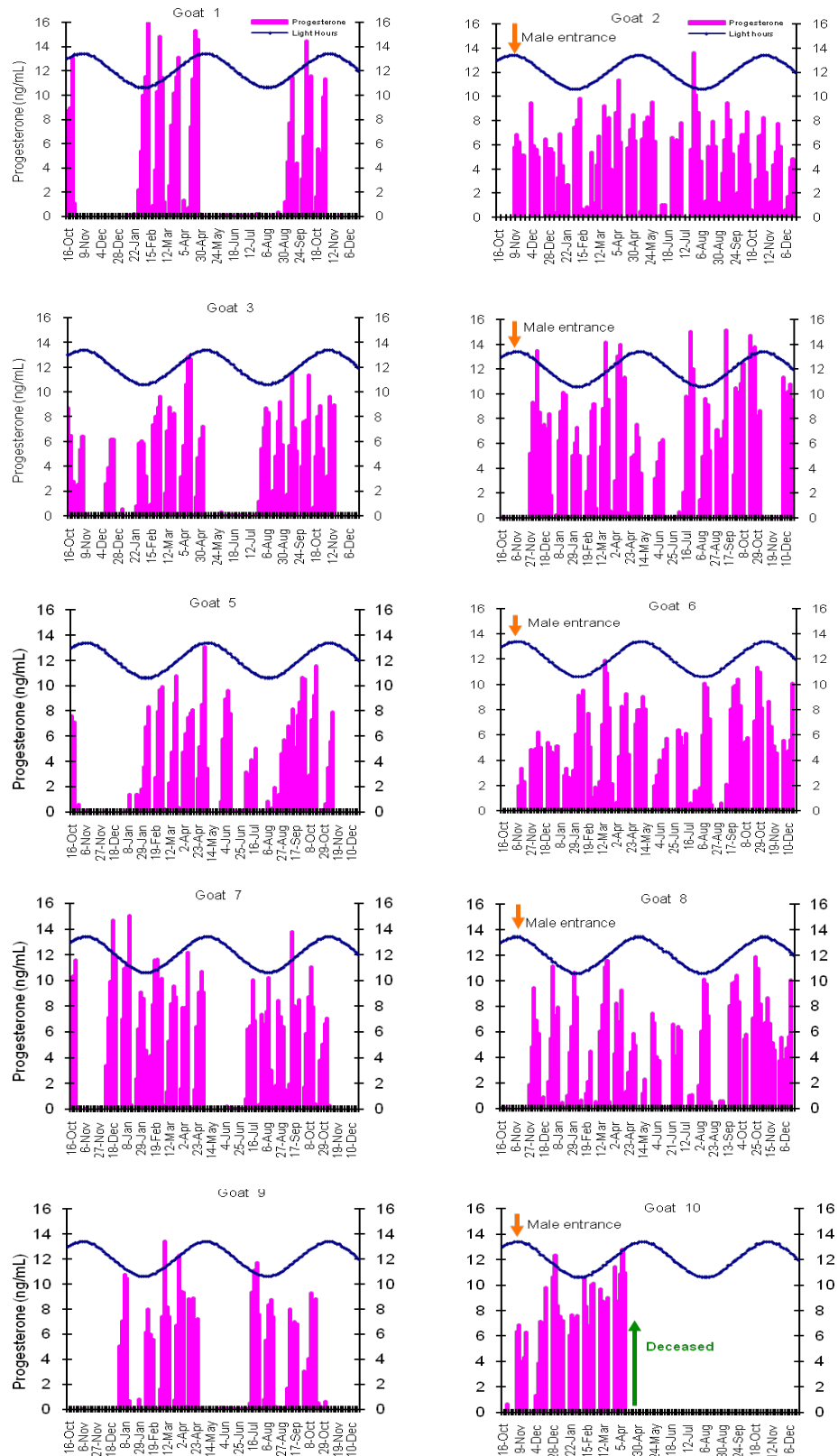


FIGURA 2. Efecto de la presencia de un macho cabrío sexualmente activo en actividad luteal según lo determinado por los niveles de progesterona sérica de cabras control expuestas a un ciclo fotoperiódico artificial controlado (la línea azul representa las horas con luz por día en el fotoperiodo controlado).

FIGURE 1. Effect of presence of a sexually-active male buck on number of control Criollo goats showing estrous cycles under a controlled photoperiod.

cuando un macho sexualmente activo se encontraba presente. Tal efecto podría ser un efecto sinérgico en la actividad reproductiva de las cabras criollas, el cual parece haber desarrollado mecanismos adaptativos para solucionar de mejor manera los retos ambientales (Meza-herrera *et al.*, 2006, 2007).

Cabras OVX e implantadas con E2

Las cabras OVX e implantadas con E2 (OVX+E2) expuestas a un macho cabrío sexualmente activo solo generan diferencias en la frecuencia del pulso de LH (LH pulsos/6 h) comparadas con cabras no expuestas a un macho cabrío ($P < 0.05$) (Cuadro 2). De hecho, no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en relación a la amplitud de la LH (1.2 ± 0.2 vs. 1.1 ± 0.5 ng/mL), o a la concentración (3.6 ± 0.1 vs. 3.4 ± 1.3 ng/mL), (Cuadros 3-4).

Cabras testigo

Las cabras testigo (cabras ovariointactas), expuestas a la presencia de un macho cabrío sexualmente activo presentaron una actividad luteal mayor (Figuras 1-2), así como una sucesión mayor en los ciclos estrales que las cabras no expuestas a un macho cabrío (Figuras 1-2). Esta conducta reproductiva fue evidente debido a un aumento en el número de días en actividad luteal (44 ± 9.05 vs. 32.3 ± 20.6 ; $P < 0.05$), una disminución en el número de días en anestro (4.0 ± 4.8 vs. 51.9 ± 28 ; $P < 0.05$), una disminución en la secreción de progesterona (6.8 ± 0.8 vs. 7.3 ± 0.5 ; $P < 0.05$), así como un aumento en la fases luteales (15.7 ± 4.4 vs. 11.3 ± 8.7); ($P < 0.05$) (Figuras 1-2).

Las cabras testigo no expuestas a machos

subsecuente to the anestrus season in Criollo goats. However, such E2-stimulus was insufficient because such effect was triggered only when a sexually-active male was present. Such effect could be a synergic effect on reproductive activity of Criollo goats, which seems to have developed timely dependent environmental adaptive mechanisms to better sort out environmental challenges (Meza-Herrera *et al.*, 2006, 2007).

OVX and E2-implanted goats

The OVX and E2-implanted goats (OVX+E2) exposed to a sexually-active male buck only generate differences in the LH pulse frequency (LH pulses/6 h) compared to goats not exposed to a male buck ($P < 0.05$) (Table 2). In fact, no significant differences ($P > 0.05$) were observed in relation to LH amplitude (1.2 ± 0.2 vs. 1.1 ± 0.5 ng/mL), or concentration (3.6 ± 0.1 vs. 3.4 ± 1.3 ng/mL), (Table 3-4).

Control goats

Control goats (intact-ovaries goats), exposed to the presence of a sexually-active male buck presented a greater luteal activity (Figure 1-2), as well as a greater estrous cycles progression than goats not exposed to a male buck (Figure 1-2). Such reproductive behavior was evident due to a higher number of days in luteal activity (44 ± 9.05 vs. 32.3 ± 20.6 ; $P < 0.05$), a reduced number of days in anestrus (4.0 ± 4.8 vs. 51.9 ± 28 ; $P < 0.05$), a reduced progesterone secretion (6.8 ± 0.8 vs. 7.3 ± 0.5 ; $P < 0.05$) as well as a greater number of luteal phases (15.7 ± 4.4 vs. 11.3 ± 8.7); ($P < 0.05$) (Figures 1-2).

Control goats not exposed to males showed re-

CUADRO 1. Efecto de la presencia de un macho cabrío sexualmente activo en las frecuencias del pulso de la LH (F), la amplitud (A) y la concentración de la LH (C) (ng/ml) de cabras ovariectomizadas expuestas a ciclos fotoperiódicos controlados (medias \pm S.D).

TABLE 1. Effect of a sexually-active male buck presence on LH pulse frequency (F), amplitude (A) and concentration (C) (ng/ml) of ovariectomized goats exposed to controlled photoperiodic cycles (means \pm S.D).

Month	Light hours per day (simulated photoperiod)	Male presence ^a			Male absence		
		F	A	C	F	A	C
November	13.4 h (summer solstice)	3.1 \pm 1.5	1.4 \pm 0.4	4.6 \pm 2.0	1.3 \pm 0.8	0.6 \pm 0.5	2.0 \pm 2.5
December	12.0h (autumn equinox)	3.1 \pm 1.5	1.4 \pm 0.4	4.6 \pm 2.0	1.3 \pm 0.8	0.6 \pm 0.5	2.0 \pm 2.5
February	10.6 h (winter solstice)	3.3 \pm 1.9	1.5 \pm 0.5	4.5 \pm 1.6	1.4 \pm 1.4	0.8 \pm 1.0	2.0 \pm 2.0
May	13.4 h (summer solstice)	3.0 \pm 1.6	1.6 \pm 0.7	4.8 \pm 2.1	1.6 \pm 2.2	0.8 \pm 1.3	3.3 \pm 4.1
August	10.6 h (winter solstice)	2.7 \pm 0.6	1.4 \pm 0.0	3.9 \pm 0.5	2.0 \pm 1.0	0.9 \pm 1.0	4.4 \pm 4.6

^a Diferencia estadísticamente significativa dentro de la presencia vs. la ausencia del macho ($P < 0.01$).

^a Statistical significant difference within presence vs. absence of male ($P < 0.01$).

CUADRO 2. Efecto de la presencia de un macho cabrío sexualmente activo en la frecuencia del pulso de la LH (LH / 6 h) en cabras ovariectomizadas (OVX), y cabras ovariectomizadas e implantadas con estradiol (OVX + E2) expuestas a ciclos fotoperiódicos controlados (medias ± S.D).

TABLE 2. Effect of a sexually-active male buck presence on LH pulse frequency (LH/6 h) on ovariectomized (OVX), and ovariectomized plus estradiol-implanted (OVX + E2) goats exposed to controlled photoperiodic cycles (means ± S.D).

Month	Light hours per day (simulated photoperiod)	Male presence ^a		Male absence		Mean month
		OVX + E2	OVX	OVX + E2	OVX	
November	13.4 h (summer solstice)	3.3 ± 1.5	3.5 ± 1.7	1.5 ± 0.6	0.6 ± 0.9	2.2 ± 1.4
December	12.0 h (autumn equinox)	3.3 ± 1.5	3.5 ± 1.7	1.5 ± 0.6	0.6 ± 0.9	2.2 ± 1.4
February	10.6 h (winter solstice)	3.8 ± 2.4	3.0 ± 1.7	2.0 ± 1.8	0.8 ± 1.0	2.4 ± 1.3
May	13.4 h (summer solstice)	3.5 ± 1.9	2.6 ± 1.3	2.5 ± 3.0	0.8 ± 1.3	2.4 ± 1.1
August	10.6 h (winter solstice)	2.5 ± 0.7	3.0 ± 1.0	2.5 ± 0.7	0.9 ± 1.0	2.2 ± 0.9
	Mean treatment	3.3 ± 0.5	3.2 ± 0.4	2.0 ± 0.5	0.7 ± 0.1	

^aDiferencia estadísticamente significativa dentro de la presencia vs. la ausencia del macho ($P < 0.01$).

^aStatistical significant difference within presence vs. absence of male ($P < 0.01$).

CUADRO 3. Efecto de la presencia de un macho cabrío sexualmente activo en la amplitud del pulso de la LH (ng/ml) de cabras ovariectomizadas (OVX) y cabras ovariectomizadas e implantadas con estradiol (OVX + E2) expuestas a ciclos fotoperiódicos controlados (medias ± S.D).

TABLE 3. Effect of sexually-active male buck presence on LH pulse amplitude (ng/ml) of ovariectomized (OVX) and ovariectomized plus estradiol-implanted (OVX+ E2) goats exposed to controlled photoperiodic cycles (means ± S.D).

Month	Light hours per day (simulated photoperiod)	Male presence ^a		Male absence		Mean month.
		OVX + E2	OVX	OVX + E2	OVX	
November	13.4 h (summer solstice)	1.0 ± 0.4	1.6 ± 0.3	0.7 ± 0.4	0.5 ± 0.6	1.0 ± 0.5
December	12.0 h (autumn equinox)	1.0 ± 0.4	1.6 ± 0.3	0.7 ± 0.4	0.5 ± 0.6	1.0 ± 0.5
February	10.6 h (winter solstice)	1.3 ± 0.4	1.7 ± 0.4	1.1 ± 1.0	0.7 ± 1.0	1.2 ± 0.4
May	13.4 h (summer solstice)	1.4 ± 0.8	1.8 ± 0.9	1.8 ± 2.4	1.2 ± 1.8	1.6 ± 0.3
August	10.6 h (winter solstice)	1.3 ± 0.1	1.4 ± 0.0	1.0 ± 1.0	1.1 ± 0.0	1.2 ± 0.2
	Mean treatment	1.2 ± 0.2	1.6 ± 0.1	1.1 ± 0.5	0.8 ± 0.3	

^aDiferencia estadísticamente significativa ($P < 0.01$).

^aStatistical significant difference ($P < 0.01$).

CUADRO 4. Efecto de la presencia de un macho cabrío sexualmente activo en la concentración de la LH (ng/ml) de cabras ovariectomizadas (OVX) y cabras ovariectomizadas e implantadas con estradiol (OVX + E2) expuestas a ciclos fotoperiódicos controlados (medias ± S.D).

TABLE 4. Effect of a sexually-active male buck presence on LH (ng/ml) concentration of ovariectomized (OVX) and ovariectomized plus estradiol implanted (OVX+ E2) goats exposed to controlled photoperiodic cycles (means ± S.D).

Month	Light hours per day (simulated photoperiod)	Male presence ^a		Male absence		Mean month
		OVX + E2	OVX	OVX + E2	OVX	
November	13.4 h (summer solstice)	3.5 ± 1.7	5.5 ± 2.0	2.8 ± 2.5	1.4 ± 2.5	3.3 ± 1.7
December	12.0 h (autumn equinox)	3.5 ± 1.7	5.5 ± 2.0	2.8 ± 2.5	1.4 ± 2.5	3.3 ± 1.7
February	10.6 h (winter solstice)	3.8 ± 1.4	5.0 ± 1.8	2.6 ± 1.9	1.7 ± 2.3	3.3 ± 1.4
May	13.4 h (summer solstice)	3.5 ± 1.5	6.0 ± 2.0	2.9 ± 2.9	3.5 ± 5.1	4.0 ± 1.4
August	10.6 h (winter solstice)	3.6 ± 0.1	4.4 ± 0.1	5.7 ± 5.7	1.8 ± 1.8	3.9 ± 1.6
	Mean treatment	3.6 ± 0.1	5.3 ± 0.6	3.4 ± 1.3	2.0 ± 0.9	

^a Diferencia estadísticamente significativa dentro de la presencia vs. la ausencia del macho ($P < 0.01$).

^aStatistical significant difference within presence vs. absence of male ($P < 0.01$).

mostraron una actividad reproductiva solo durante la influencia de los ciclos fotoperiódicos artificiales en el solsticio de invierno (disminución del fotoperiodo con menos horas luz durante el día). Por otro parte, las cabras expuestas a la presencia de un macho cabrío sexualmente activo mostraron de manera práctica una actividad reproductiva durante todo el periodo experimental, independientemente de la influencia de un fotoperiodo artificial reducido o prolongado (fotoperiodo en el solsticio de verano e invierno, respectivamente). Por consiguiente, la presencia de un macho cabrío sexualmente activo en las cabras indujo a una actividad reproductiva mayor (ovárica y/o luteal) a comparación de las cabras que no fueron expuestas a la presencia de un macho. Esta actividad reproductiva fue medida por un mayor número de ciclos estrales, y una mayor sucesión en los ciclos estrales, incluso durante los periodos de actividad reproductiva reducida como en los fotoperiodo mayores (días largos). Se observó refractariedad durante el primer ciclo fotoperiódico artificial pero no en el segundo cuando hubo ausencia del macho dentro del grupo.

Los ciclos fotoperiódicos artificiales (con una duración de 6 meses) fueron implementados para simular dos fotoperiodos naturales en un año, alternando ciclos fotoperiódicos ascendentes y descendentes (Escobar *et al.*, 1997). El rango de horas luz por día que se utilizó en este estudio fue de 13.4 a 10.6 h L/d y fue determinado basándose en estudios previos donde se utilizaron cabras del mismo sitio, observando una influencia de fotoperiodo dependiente en la actividad ovárica de estas cabras criollas Escobar *et al.*, 1997). El fotoperiodo artificial descendente que se obtuvo en las cámaras ambientales controladas puede estimular la función reproductiva en cabras criollas. Sin embargo, durante la temporada reproductiva no hubo continuidad en la sucesión del ciclo estral. La introducción y la presencia de un macho cabrío sexualmente activo aumenta el estímulo de la actividad reproductiva de las cabras. La introducción de un macho durante un fotoperiodo artificial en el solsticio de verano generó actividad ovárica en un intervalo promedio de 12.4 d. Se observaron resultados similares en ovejas (Martin *et al.*, 1986) y cabras bajo foto periodos naturales (Chemineau, 1987), y artificialmente controlados (Chemineau *et al.*, 1986b).

La disponibilidad de alimentos, aunque no se considera como un factor crítico para la regulación, es un factor modulador en la función reproductiva de las cabras criollas (Urrutia-Morales *et al.*, 2009). No obstante, otros autores han observado un aumento en la actividad reproductiva y en la tasa de preñez al implementar un estímulo del "efecto macho" (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*,

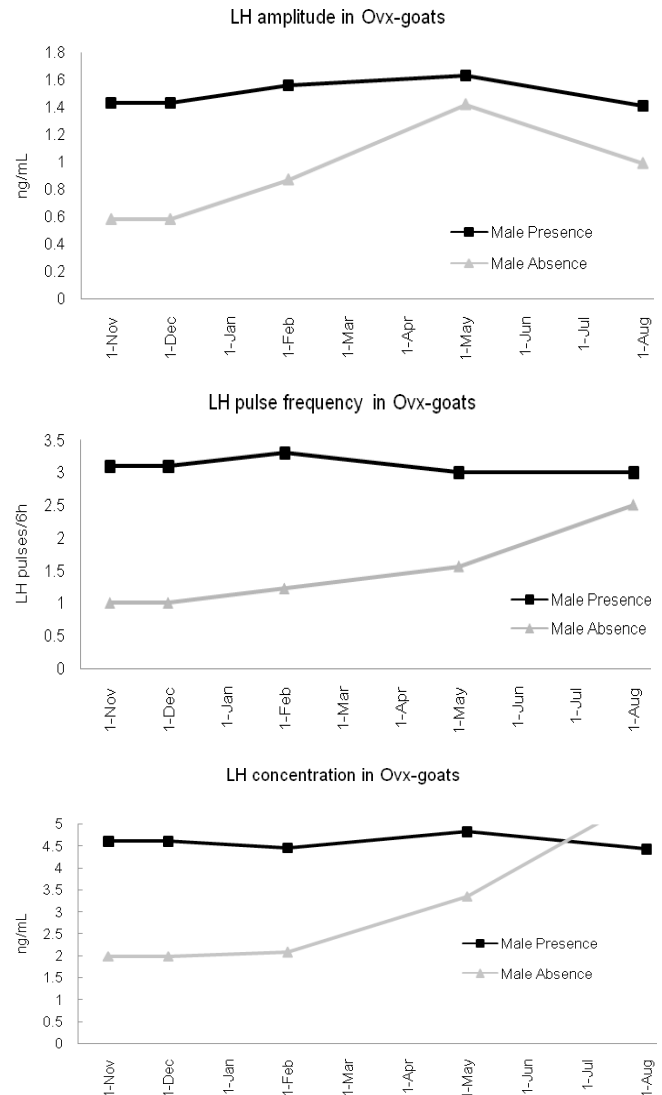


FIGURA 3. Efecto de la presencia de un macho cabrío sexualmente activo en la frecuencia del pulso, la amplitud y la concentración de la hormona luteinizante (LH) en cabras criollas ovariectomizadas (OVX).

FIGURE 3. Effect of presence of a sexually-active male buck on pulse frequency, amplitude and concentration of luteinizing hormone (LH) in ovariectomized (OVX) Criollo goats.

productive activity only during the influence of winter-solstice artificial-photoperiodic cycles (decreased photoperiod with low light-hours during the day). In contrast, goats exposed to the presence of a sexually-active male buck showed reproductive activity practically during the whole experimental period, irrespective of the influence of a prolonged or a reduced artificial photoperiod (summer or winter solstice photoperiod, respectively). Therefore, presence of a sexually-active male induced a greater reproductive (ovarian and/or luteal) activity of goats compared to goats not exposed to the presence of a male. Such reproductive activity was measured by a greater number of estrous cycles, and a greater es-

2009). Así, la presencia de un macho cabrío sexualmente activo permite un aumento positivo en la función reproductiva de cabras nativas independientemente del tratamiento fotoperiódico, tal y como se ha mencionado anteriormente por Malpaux *et al.* (1997) y Delgadillo *et al.* (2002). Este efecto parece ser independiente de la proporción macho-hembra (Carrillo *et al.*, 2007) así como la continuidad y la discontinuidad del "efecto macho" (Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). A pesar de que, recientemente, ha sido mayormente relacionado con la "innovación" del macho (Delgadillo *et al.*, 2009).

La inducción de la actividad sexual en un macho cabrío ha sido reportada previamente utilizando distintos tratamientos. Uno de estos tratamientos se basa en tratamientos fotoperiódicos alternos (con una duración de dos meses; 16 h L/8 h D) presentado por Delgadillo y Chemineau (1992) en el norte de México (latitud 26° 23'N; longitud 104° 47' O). Delgadillo *et al.* (1993) también reportó una activación sexual en fotoperiodos controlados y tratamientos de melatonina en machos cabríos (Chemineau *et al.*, 1999; Flores *et al.*, 2000). Para el presente estudio, el macho cabrío recibió un tratamiento fotoperiódico alterno mensual de 16 h L/8 D para prevenir cambios estacionales en el eje hipotálamo-hipofisario-gonadal, y mejorar el peso testicular y la producción de semen (Delgadillo *et al.*, 1995).

La introducción de un macho estimula la sucesión del ciclo estral previniendo o reduciendo el anestro estacional. Con respecto a esto, 5-d después de que se introdujo un macho con las cabras en temporada anovulatoria, aumento la tasa de ovulación a un 2-3 d durante su apogeo (Chemineau, 1983). Para las cabras ovariointactas, el efecto de la presencia de un macho cabrío sexualmente activo aumentó la actividad luteal (44 ± 9.1 vs. 32.3 ± 20.6 d), redujo el anestro (4.0 ± 4.8 vs. 51.9 ± 28 d), y no se observaron diferencias en los niveles séricos de progesterona (6.8 ± 0.8 vs. 7.3 ± 0.5), sin embargo, se mostró una diferencia notoria en el número de fases luteales observadas (15.7 vs. 11.3). En el presente estudio, las fases luteales aumentaron según lo determinado por la patrones de secreción de progesterona, mostrando una mejor sucesión en el ciclo estral, un aumento en el número de ciclos estrales, así como, un mejor resultado reproductivo; todo esto independientemente del régimen fotoperiódico.

El macho cabrío permaneció de 8 a 10 h por día interactuando con las cabras dependiendo del tratamiento fotoperiódico, provocando una actividad ovárica constante. Así mismo, se ha observado un intervalo de 2-3 meses a partir del solsticio de verano (21 de junio) para la reanudación de la actividad ovárica en cabras expuestas a un fotoperiodo natural o a ciclos controlados de fotoperiodos artificiales con duración de 6 a 12 meses (Escobar *et al.*, 1997). Esto indica que a

trous cycle progression, even during periods of reduced reproductive activity such as an increased photoperiod (long days). Refractoriness was observed during the first photoperiodic artificial cycle but not for the second in the male abscense group.

Artificial photoperiodic cycles (6-months long) were implemented to simulate two natural photoperiods in a year, through alternating ascendant and descendant photoperiodic cycles (Escobar *et al.*, 1997). Range of light-hours per day used for present study was 13.4 and 10.6 h L/d and was determined based on previous studies using goats in the same location, observing a photoperiodic-dependent influence on the ovarian activity of these Criollo goats (Escobar *et al.*, 1997). A descending artificial photoperiod obtained in controlled-environmental chambers is able to stimulate reproductive function in Criollo goats. However, during the reproductive season there was not continuity in the estrous cycle progression. Introduction and presence of a sexually-active male buck increase reproductive activity stimuli on goats. Male introduction during a summer-solstice artificial photoperiod generated ovarian activity in an average interval of 12.4 d. Similar results were observed in sheep (Martin *et al.*, 1986) and goats under natural (Chemineau, 1987), and artificially-controlled (Chemineau *et al.*, 1986b) photoperiods.

Food availability, although not considered a critical or main regulating factor, becomes a modulating factor on reproductive function of Criollo goats (Urrutia-Morales *et al.*, 2009). Nevertheless, other authors have found an increase in reproductive activity and pregnancy rates by implementing a "male effect" stimulus (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Thus, presence of a sexually-active male buck allow to positively increase reproductive function of native goats independently of the photoperiodic treatment, as it has been previously reported by Malpaux *et al.* (1997) and Delgadillo *et al.* (2002). Such effect seems to be independent of the male-female proportion (Carrillo *et al.*, 2007) as well as continuity or discontinuity of the "male effect" treatment (Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Although, recently, it has been more associated with "novelty" of the male (Delgadillo *et al.*, 2009).

Sexual activity induction in male bucks has been previously reported using different treatments. One treatment, is based on alternate photoperiodic treatments (2-months long; 16 h L/8 h D) reported by Delgadillo and Chemineau (1992) in northern Mexico (26° 23'N latitude; 104° 47' W longitude). Delgadillo *et al.* (1993) also reported sexual activation by controlled photoperiod and melatonin treatment in male bucks (Chemineau *et al.*, 1999; Flores *et al.*, 2000). For present trial, the male buck received a monthly alternated photoperiodic treatment of 16 h L/8 h D in order to prevent seasonal changes on

las cabras les puede tomar de dos o tres meses para desarrollar refractariedad. La presencia de un macho, también induce la actividad reproductiva en cabras hembras del Mediterráneo implantadas con melatonina causando un retraso pequeño en la reactivación de la actividad reproductiva durante la temporada de reproducción natural (Zarazaga *et al.*, 2009).

El tratamiento fotoperiódico artificialmente controlado que se utiliza en cabras parece ser complicado y poco práctico. No obstante, una alternativa podría ser, exponer al macho cabrío a un tratamiento fotoperiódico (16 h L/8 h D), ya que el macho solo requiere de una sola cámara de ambiente controlado. Tales prácticas de manejo representan una verdadera alternativa para las cabras bajo un sistema extensivo de producción. De esta forma la temporada de reproducción es controlada de la forma más rentable y en el momento más óptimo del año.

CONCLUSIONES

La presencia de un macho cabrío sexualmente activo aumentó la actividad ovárica, la actividad en el ciclo estral y la sucesión del ciclo estral en las cabras criollas que se encuentran en condiciones subtropicales, a pesar de la influencia de un fotoperiodo controlado mayor. Además, la presencia de un macho cabrío aumento la amplitud, la concentración y la frecuencia del pulso de la LH en cabras ovariectomizadas independientemente del régimen fotoperiódico. La presencia de un macho ante cabras OVX e implantadas con E2 provocaron un aumento en la frecuencia del pulso de la LH como se observó durante la temporada de reproducción. Por ello, un tratamiento fotoperiódico controlado en machos

LITERATURA CITADA

- AMOAH, E. A.; BRYANT, M. 1984. A note on the effect of contact with male goats on occurrence of puberty in female goat kids. *Anim. Prod.* 38: 141-144.
- ARÉCHIGA, C. F.; AGUILERA, J. I.; RINCÓN, R. M.; MÉNDEZ DE LARA, S.; BAÑUELOS R.; MEZA-HERRERA, C. A. 2008. Role and perspectives of goat production in a global world. *Tropical and Subtrop. Agroecosystems.* 9: 1-14.
- ARECHIGA-FLORES, C. F.; RINCÓN-DELGADO, R. M. 1998. Perspectives for implementation of reproductive technologies in goats. XIII Annual National Meeting on Goat Production. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México. 13: 12-37.
- CARRILLO, E.; VÉLIZ, F. G.; FLORES, J. A.; DELGADILLO, J. A. 2007. A diminution in the male/female ratio does not reduce the ability of sexually active male goats to induce estrus activity in anovulatory female goats. *Tec. Pecu. Mex.* 45: 319-328.
- CHEMINEAU, P. 1983. Effect on oestrus and ovulation of ex-

the hypothalamic-hypophyseal-gonadal axis, and improved testicular weight and semen production (Delgadillo *et al.*, 1995).

Male introduction stimulate estrous cycle progression preventing or reducing seasonal anestrous. On this respect, 5-d after male introduction into seasonal anovulatory goats, increased ovulation rate within a 2-3 d peak (Chemineau, 1983). For intact-ovaries goats the effect of presence of a sexually-active male buck increased luteal activity (44 ± 9.1 vs. 32.3 ± 20.6 d), reduced anestrous (4.0 ± 4.8 vs. 51.9 ± 28 d), and there were no differences on serum levels of progesterone (6.8 ± 0.8 vs. 7.3 ± 0.5), however, there was a clear difference on the number of luteal phases observed (15.7 vs. 11.3). In our study, luteal phases increased as determined by the progesterone secretion patterns demonstrating a better estrous cycle progression, an increased number of estrous cycles as well as a better reproductive outcome; all of these irrespective of the photoperiodic regime.

Male buck remained 8-10 h per day interacting with goats depending upon the photoperiodic treatment, promoting a constant ovarian activity. Also, it has been observed a 2-3 months interval from summer solstice (June 21st) to ovarian activity resumption in goats exposed to either natural photoperiod or controlled cycles of artificial photoperiod 6-12 months-long (Escobar *et al.*, 1997). The last suggests that goats might expend two to three months to develop refractoriness. Male presence, have also induced reproductive activity in melatonin-implanted Mediterranean female goats causing a small retardation in the reactivation of reproductive activity during the natural breeding season (Zarazaga *et al.*, 2009).

An artificially-controlled photoperiodic treatment to be used in all goats seems complicated and impractical. However, a real alternative could be to expose the male buck into a photoperiodic treatment (16 h L/8 h D), since the male only requires a single controlled environmental chamber. Such management practices represent a real alternative for goats under extensive production systems. The last, in order to control both the breeding and kidding seasons to the most profitable and optimal time of the year.

CONCLUSION

The presence of a sexually-active male buck increased ovarian activity, estrous cycling activity and estrous cycle progression of criollo goats under subtropical conditions, despite the influence of an increased controlled-photoperiod. Moreover, male buck presence increased LH pulse frequency, amplitude and concentration in ovariectomized goats irrespective of photoperiodic regime. Male presence in OVX and E2-implanted goats induced an increased in LH pulse frequency as

podría ser una alternativa para el programa de mejoramiento genético de reproductores machos de tiempos mediante la introducción de un macho cabrío sexualmente activo expuesto a períodos alternos de 16 h L y 8 h D. Estas tecnologías reproductivas requieren un equipo y una infraestructura mínima en un sistema de producción extensivo tipo de zonas áridas y semiáridas del mundo.

that observed during the breeding season. Therefore, a controlled-photoperiodic treatment on males might result in an alternative to schedule breeding seasons at selected time-windows by introducing a sexually-active male buck exposed to alternate periods of 16 h L: 8 h D. Such reproductive technologies require minimal infrastructure and equipment in goat extensive production systems typical of arid and semi-arid regions of the world.

Y. 1999. Implications of recent advances in reproductive physiology for the production and management of goats. J. Reprod. Fert. Suppl. 54: 129-142.

Esta investigación fue parcialmente financiada por SNI/INEC/ONAC/PAVE/LeA/INCO/698401010-4.

CHEMINEAU, P.; BARIL, G.; LEBOEUF, B.; MAUREL, M. C.; ROY, F.; PELLICER-RUBIO, M.; MALPAUX, B.; COGNIE, G.; CHESNEAU, D. 2004. Seasonal ovulatory activity exists in tropical Creole female goats and Black Belly ewes subjected to a temperate photoperiod. BMC Physiology 4: 1-12.

CHEMINEAU, P.; LEVY, F.; THIMONIER, J. 1986a. Effects of anosmia on LH secretion, ovulation and oestrus behaviour induced by males in the anovular Creole goats. Anim. Reprod. Sci. 10: 125-132.

CHEMINEAU, P.; MARTIN G. B.; SAUMANDE, J.; NORMAN, T. E. 1988. Seasonal and hormonal control of pulsatile LH secretion in the dairy goat (*Capra hircus*). J. Reprod. Fert. 83: 91-98.

CHEMINEAU, P.; NORMAN, T. E.; RAVAUULT, J. P.; THIMONIER, J. 1986b. Induction and persistence of pituitary and ovarian activity in the out-of-season lactating dairy goat after a treatment combining a skeleton photoperiod, melatonin and the male effect. J. Reprod. Fert. 78: 497-504.

CHEMINEAU, P.; PELLICER-RUBIO, M. T.; LASSOUED, N.; KHALDI, G.; MONNIAUX, D. 2006. Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. Review. Reprod. Nutr. Dev. 46, 417-429.

DE SANTIAGO-MIRAMOENTES, MALPAUX, B.; DELGADILLO, J. A. 2009. Bodycondition is associated with a shorter breeding season and reduced ovulation rate in subtropical goats. Anim. Reprod. Sci. 114: 175-182.

DE SANTIAGO-MIRAMONTES, M. A.; RIVAS-MUÑOZ, R.; MUÑOZ-GUTIÉRREZ, M.; MALPAUX, B.; SCARAMUZZI, R. J.; DELGADILLO, J. A. 2008. The ovulation rate in anoestrous female goats managed under grazing conditions and exposed to the male effect is increased by nutritional supplementation. Anim. Reprod. Sci. 105: 409-416.

DELGADILLO, J. A.; CARRILLO, E.; MORAN, J.; DUARTE, G.; CHEMINEAU, P.; MALPAUX, B. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. J. Anim. Sci. 79, 2245-2252.

DELGADILLO, J. A.; CHEMINEAU, P. 1992. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. J. Reprod. Fert. 94: 45-55.

DELGADILLO, J. A.; CORTEZ, M. E.; DUARTE, G.; CHE-

ACKNOWLEDGEMENTS

Research was partially supported by a SIVILLA-CONACYT Grant No. 1998401010-4.

End of English Version

MINEAU, P.; MALPAUX, B. 2004a. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. Reprod. Nutr. Dev. 44: 183-193.

DELGADILLO, J. A.; FITZ-RODRÍGUEZ, G.; DUARTE, G.; VÉLIZ, F. G.; CARRILLO, E.; FLORES, J. A.; VIELMA, J.; HERNANDEZ, H.; MALPAUX, B. 2004b. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. Reprod. Fert. Dev. 16: 471-478.

DELGADILLO, J. A.; FLORES, J. A.; VÉLIZ, F. G.; DUARTE, G.; VIELMA, J.; HERNÁNDEZ, H.; FERNÁNDEZ, I. G. 2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. Review. Reprod. Nutr. Dev. 46: 391-400.

DELGADILLO, J. A.; FLORES, J. A.; VELIZ, F. G.; HERNÁNDEZ, H. F.; DUARTE, G.; VIELMA, J.; POINDRON, P.; CHEMINEAU, P.; MALPAUX, B. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. J. Anim. Sci. 80: 2780-2786.

DELGADILLO, J. A.; GELEZ, H.; UNGERFELD, R.; HAWKEN, P. A.; MARTIN, G. B. 2009. The 'male effect' in sheep and goats-Revisiting the dogmas. Review. Behav. Brain Res. 2009. 304-314.

DELGADILLO, J. A.; HOCHEREAU-DE REVIERS, M. T.; DAVEAU, A.; CHEMINEAU, P. 1995. Effect of short photoperiodic cycles on male genital tract and testicular parameters in male goat (*Capra hircus*). Reprod. Nutr. Dev. 35: 549-558.

DELGADILLO, J. A.; LEBOEUF, B.; CHEMINEAU, P. 1993. Maintenance of sperm production in bucks during a third year of short photoperiodic cycles. Reprod. Nutr. Dev. 33: 609-617.

DELGADILLO-SÁNCHEZ, J. A.; FLORES-CABRERA, J. A.; VÉLIZ-DERAS, F. G.; DUARTE-MORENO, G.; VIELMA-SIFUENTES, J.; POINDRON-MASSOT P.; MALPAUX, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. Vet. Mex. 34: 69-79.

- EBLING, F. J. 2005. The neuroendocrine timing of puberty. *Reproduction*. 129: 675-683.
- ESCOBAR, F. J.; ZARCO L.; VALENCIA, J. 1997. Effect of photoperiod on reproductive seasonality of criollo goat in Mexico. XXII Anual Meeting of Academy for Reproductive Biology Research. Acapulco, Guerrero, México.
- FITZ-RODRÍGUEZ, G.; DE SANTIAGO-MIRAMONTES, M. A.; SCARAMUZZI, R. J.; MALPAUX, B.; DELGADILLO, J. A. 2009. Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. *Anim. Reprod. Sci.* 116: 85-89.
- FLORES, J. A.; VELIZ, F. G.; PÉREZ-VILLANUEVA, J. A.; MARTÍNEZ DE LA ESCALERA, G.; CHEMINEAU, P.; POINDRON, P.; MALPAUX, B.; DELGADILLO, J. A. 2000. Male reproductive conditions is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 62: 1409-1414.
- GÁMEZ-VÁZQUEZ, H. G.; ROSALES-NIETO, C. A.; BAÑUELOS-VALENZUELA, R.; URRUTIA-MORALES, J.; DÍAZ-GÓMEZ, M. O.; SILVA-RAMOS, J. M.; MEZA-HERRERA, C. A. 2008. Body condition score positively influence plasma leptin concentrations in criollo goats. *J. Anim. Vet. Adv.* 7, 1237-1240.
- GELEZ H.; FABRE-NYS, C. 2004. The "male effect" in sheep and goats: A review of the respective roles of the two olfactory systems. *Horm. and Behav.* 46: 257-271.
- GUERRA-GARCÍA, M.; MEZA-HERRERA, C. A.; SÁNCHEZ-TORRES-ESQUEDA, M. T.; GALLEGOS-SÁNCHEZ, J.; TORRES-HERNÁNDEZ, G.; PRO-MARTÍNEZ, A. 2009. IGF-1 and ovarian activity of goats in divergent body condition and supplemented with non-degradable ruminal protein. *Agrociencia*. 43, 241-247.
- HENNIAWATI, H.; RESTALL, B. J.; SCARAMUZZI, R. J. 1995. Effect of season on LH secretion in ovariectomized Australian cashmere does. *J. Reprod. Fertil.* 103: 349-356.
- HOEFLER, W. C.; HALLFORD, D. M. 1987. Influence of suckling status and type of birth on serum hormone profiles and return to estrus in early-postpartum, spring-lambing ewes. *Theriogenology* 27: 887-895.
- KARSCH, F. J.; BITTMAN, E. L.; FOSTER, D. L.; GOODMAN, R. L.; LEGAN, S. J.; ROBINSON, J. E. 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Rec. Progress in Horm. Res.* 40: 185-232.
- MALPAUX, B.; VIGUIÉ, C.; SKINNER, D. C.; THIÉRY, J. C.; CHEMINEAU, P. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Res. Bull.* 44: 431-438.
- MARTIN, G.; OLDMAN, C.; COGNIE, Y.; PEARCE, D. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams. *Review. Livest. Prod. Sci.* 15: 219-247.
- MELLADO, M.; OLIVAS, R.; RUIZ, F. 2000. Effect of buck stimulus on mature and pre-pubertal norgestomet-treated goats. *Sm. Rum. Res.* 36: 269-274.
- MEZA-HERRERA, C. A.; SÁNCHEZ, J. M.; CHÁVEZ-PERCHES, J. G.; SALINAS, H.; MELLADO, M. 2004. Protein supplementation, body condition and ovarian activity in goats. Preovulatory serum profile of insulin. *South Afric. J. Animal Sci.* 34 Suppl. 1: 223-226.
- MEZA-HERRERA, C. A.; MARTÍNEZ, L.; ARÉCHIGA, C.; BAÑUELOS, R.; RINCÓN, R. M.; URRUTIA, J.; SALINAS, H.; MELLADO, M. 2006. Circannual identification and quantification of constitutive heat shock proteins (HSP 70) in goats. *J. Appl. Anim. Res.* 29: 9-12.
- MEZA-HERRERA, C. A.; BOCANEGRA, J. A.; BAÑUELOS, R.; ARÉCHIGA, C. F.; RINCÓN, R. M.; OCHOA-CORDERO, M. A.; JUÁREZ-REYES, A. S.; CERRILLO-SOTO M. A.; SALINAS, H. 2007. Circannual fluctuations in serum cortisol and glucose concentrations and hair coat growth in goats. *J. Appl. Anim. Res.* 31: 79-82.
- MEZA-HERRERA, C. A.; ROSS, T.; HALLFORD, D. M.; HAWKINS, D.; GONZÁLEZ-BULNES, A. 2007. Effects of body condition and protein supplementation on LH secretion and luteal function in sheep. *Reprod. Dom. Anim.* 42: 461-465.
- MEZA-HERRERA, C. A.; HALLFORD, D. M.; ORTIZ, J. A.; CUEVAS, R. A.; SÁNCHEZ, J. M.; SALINAS, H.; MELLADO, M.; GONZÁLEZ-BULNES, A. 2008. Body condition and protein supplementation positively affect periovulatory ovarian activity by non-LH mediated pathways in goats. *Anim. Reprod. Sci.* 106: 412-420.
- MEZA-HERRERA, C. A.; VELIZ-DERAS, F. G.; WURZINGER, M.; LÓPEZ-ARIZA, B.; ARELLANO-RODRÍGUEZ, G.; RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, R. 2010a. The kiss-1-kisspeptin-gpr54 complex: A critical modulator of GnRH neurones during pubertal activation. *J. Appl. Biomed.* 8: 1-9.
- MEZA-HERRERA, C. A.; GONZÁLEZ-BULNES, A.; KRIDL, R.; MELLADO, M.; ARECHIGA-FLORES, C. F.; SALINAS, H.; LUGINBHUL, J. M. 2010b. Neuroendocrine, metabolic and genomic cues signaling the onset of puberty in females. *Reprod. Dom. Anim.* doi: 10.1111/j.1439-0531-2009.01355.x
- PELLICER-RUBIO, M. T.; LEBOEUF, B.; BERNELES, D.; FORGERIT, Y.; POUGNARD, J. L.; BONNÉ, J. L.; SENTY, E.; CHEMINEAU, P. 2007. Highly synchronous and fertile reproductive activity induced by the male effect during deep anoestrus in lactating goats subjected to treatment with artificially long days followed by a natural photoperiod. *Anim. Reprod. Sci.* 98: 241-258.
- RESTALL, B. J. 1992. The male effect in goats. In: WILSON, R. T.; BOURZA, T. D. Editors, V International Conference on Goats. New Delhi, India.
- RIVAS-MUÑOZ, R.; FITZ-RODRÍGUEZ, G.; POINDRON, P.; MALPAUX, B.; DELGADILLO, J. A. 2007. Stimulation of estrous behaviour in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *J. Anim. Sci.* 85: 1257-1263.
- SAS. 2000. SAS/STAT® User's Guide (8.1 Edition). SAS Inst. Inc. Cary, NC, USA.
- SCARAMUZZI, R. J.; CAMPBELL, B. K.; DOWNING, J. A.; KENDALL, N. R.; KHALID, M.; MUÑOZ-GUTIÉRREZ,

- M.; SOMCHIT, A. 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 339-354.
- SCARAMUZZI, R. J.; MARTIN G. B. 2008. The importance of interactions among nutrition, seasonality and socio-sexual factors in the development of hormone-free methods for controlling fertility. *Reprod. Domest. Anim.* 43: 129-136.
- UNGERFELD, R.; FORSBERG, M.; RUBIANES, E. 2004. Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. *Reprod. Fertil. Dev.* 16: 479-490.
- URRUTIA-MORALES, J.; MEZA-HERRERA C. A.; ESCOBAR-MEDINA, F. J.; GÁMEZ-VÁZQUEZ, H. G.; RAMÍREZ-ANDRADE, B. M.; DÍAZ-GÓMEZ M. O.; GONZÁLEZ-BULNES, A. 2009. Relative roles of photoperiodic and nutritional cues in modulating ovarian activity in goats. *Reprod. Biol.* 9: 283-294.
- VALENCIA, J.; GONZÁLEZ, J. L.; DÍAZ, J. 1986. Actividad reproductiva de la cabra criolla en México en el examen postmortem del aparato genital. *Vet. Méx.* 17: 177-189.
- VALENCIA, J.; ZARCO, L.; DUCOING, A.; MURCIA, C.; NAVARRO, H. 1990. Breeding season of criollo and granadina goats under constant nutritional levels in the Mexican highlands. In: *Livestock Reproduction in Latin America*. International Atomic Energy Agency, Viena. 321-333.
- VELIZ, F. G.; MORENO, S.; DUARTE, G.; VIELMA, J.; CHEMINEAU, P.; POINDRON, P.; MALPAUX, B.; DELGADILLO, J. A. 2002. Male effect in seasonally anovulatory lactating goats depends on the presence of sexually active bucks, but not estrous females. *Anim. Reprod. Sci.* 72: 197-207.
- VELIZ, F. G.; POINDRON, P.; MALPAUX, B.; DELGADILLO, J. A. 2006a. Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrus female goats. *Anim. Reprod. Sci.* 92: 300-309.
- VELIZ, F. G.; POINDRON, P.; MALPAUX, B.; DELGADILLO, J. A. 2006b. Positive correlation between the liveweight of anestrus goats and their response to the male effect with sexually active bucks. *Reprod. Nutr. Dev.* 6: 1-6.
- WALKDEN-BROWN, S. W.; MARTIN, G. B.; RESTALL, B. J. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 52: 243-257.
- ZARAZAGA, L. A.; GATICA, M. C.; CELI, I.; GUZMAN, J. L.; MALPAUX B. 2009. Effect of melatonin implants on sexual activity in Mediterranean goat females without separation from males. *Theriogenology* 72: 910-918.