

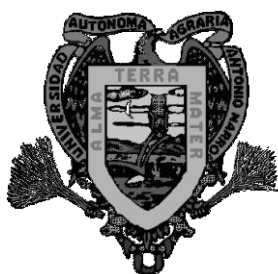
**LA PRESENCIA DE HEMBRAS ESTROGENIZADAS PROLONGA
LA ESTACIÓN REPRODUCTIVA DE LOS MACHOS CABRÍOS
ALPINOS DEL SEMIDESIERTO MEXICANO**

MVZ. AUSENCIO OLAN SANCHEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

Subdirección de Posgrado

**Torreón, Coahuila, México.
Mayo de 2013**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

**LA PRESENCIA DE HEMBRAS ESTROGENIZADAS PROLONGA LA
ESTACIÓN REPRODUCTIVA DE LOS MACHOS CABRÍOS ALPINOS DEL
SEMIDIESTRO MEXICANO**

TESIS

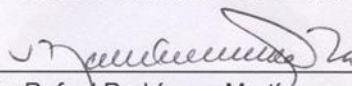
MVZ Ausencio Olán Sánchez

Elaborado bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Comité Particular de asesoría

Asesor principal:



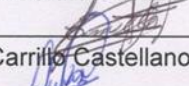
Dr. Rafael Rodríguez Martínez

Co-Director:



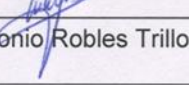
Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras

Asesor:



Dr. Evaristo Carrillo Castellanos

Asesor:



Dr. Pedro Antonio Robles Trillo

Dr. Fernando Ruiz Zárate
Subdirector de Postgrado



Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del Departamento de Postgrado

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

Mayo 2013

Dedicatoria

Dedico esta tesis con todo respecto y amor a quienes siempre se esforzaron para brindarme su gran apoyo para culminar mi maestría.

A mi madre

Juana Ma. De Aneis Sánchez Hernández

Les agradezco infinitivamente lo que ahora soy por haberme dado la vida por todo la comprensión cariño y amor que me han brindado siempre; por enseñarme a seguir adelante para ser un hombre de bien en la vida.

Mil gracias por todos los sacrificios y esfuerzos que has hecho por mí, sin importar todo lo que has sufrido para darme la educación y enseñarme el ejemplo de la honradez del entusiasmo y sobre todo por tenerlos a mi lado.

A mis hermanos

Con mucho cariño, amor, respeto y admiración que se merecen, gracias por darme todo su apoyo y comprensión en el transcurso de la realización de mi maestría, sus consejos brindados durante este tiempo y en lapso de mi formación profesional, muchas gracias hermanos los quiero mucho.

A mi novia Alicia Galeana Ramírez gracias por sus consejos que siempre me has brindado y a todas las personas que alguna vez me dieron su apoyo, por sus consejos y aliento para concluir mi formación de maestría, muchas gracias.

Agradecimientos

A dios sobre todas las cosas le doy las gracias, por estar conmigo en todo momento, por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida.

A mi madre quiero agradecerles por darme la vida por su amor y aliento, por haberme dado todo su apoyo y que siempre estuvo conmigo en el transcurso de la realización de mi maestría en las buenas y en las malas, y que jamás me ha dejado de apoyar, te llevo en mi corazón.

A mis hermanos, les agradezco todo el apoyo y sus consejos que me brindaron durante mi paso por el postgrado, gracias hermanos.

A mis asesores de tesis Dr. Rafael Rodríguez Martínez, Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras, Dr. Evaristo Carrillo Castellanos, Pedro A. Robles Trillo gracias por brindarme la oportunidad de trabajar con ellos en esta investigación y por todo el apoyo que me brindaron en este trabajo.

Al M.C. Gerardo Arellano Rodríguez, Dr. Gerónimo Landeros Flores, Dr. Miguel Mellado Bosque, a todos ellos muchas gracias por todo el apoyo brindado durante mis estudios de maestría.

A mis amigos, por todo su apoyo incondicional que siempre me han brindado y por estar siempre conmigo en los momentos difíciles, gracias por su apoyo y por sus consejos brindados, por todo ese apoyo en las situaciones difíciles que pase durante mi estancia en el postgrado, por formar parte del equipo de trabajo durante la maestría.

A mi "**Alma Terra Mater**" por darme la oportunidad y apoyo en la realización de mi maestría.

INDICE DE CONTENIDO	Pág.
COMPENDIO.....	IX
ABSTRACT	XI
I INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
HIPOTE SIS.....	4
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Estacionalidad reproductiva, actividad gonadal y actividad pulsátil de la GnRH	5
2.2 Control de la estación reproductiva por el fotoperiodo.....	7
2.3 Estacionalidad reproductiva de las cabras y ovejas en diferentes latitudes...8	
2.4 Factores externos que regulan la estacionalidad reproductiva de los ovino Y caprinos.....	12
2.4.1 Fotoperiodo.....	13
2.5 Nutrición.....	17
2.6 Temperatura.....	18
2.7 Efecto Hembra-Hembra.....	23
2.8 Efecto Hembra-Macho.....	24
III LITERATURA CITADA.....	26
IV ARTICULO CIENTÍFICO.....	32

INDICE DE CUADRO Y FIGURAS

FIGURAS..... Pág.

1. Representación esquemática del control neuroendocrino de la actividad reproductiva estacional en cabras y ovejas	6
2. Variación estacional en ovejas y borregos.....	9
3. Duración del anestro estacional en diferentes razas ovinas.....	10
4. Cabras expuestas a fotoperiodos tropicales y templados conservan su patrón reproductivo estacional.....	15
5. Concentración, volumen y tiempo de reacción del semen en condiciones naturales.....	16
6. Porcentaje de condición corporal en cabras ovulatorias.....	17
7. Ovulación y actividad estral observadas en cuatro estaciones del año.....	20
8. Taza de ovulación de acuerdo a la condición corporal de las ovejas.....	22
9. Perfiles representativos de LH y Testosterona en diferentes meses del año....	24
10. Concentración de LH y Testosterona en machos cabríos.....	25

Cuadros.....Pág.

1. Razas de machos que presentan estacionalidad marcada.....	11
2. Características del semen y variación estacional de machos cabríos.....	12

COMPENDIO

La presencia de hembras estrogenizadas prolonga la estación reproductiva de los machos cabríos del semidesierto mexicano

Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar si el final de la estación reproductiva de los machos Alpinos se puede prolongar mediante el contacto con hembras estrogenizadas. El estudio se realizó en el Norte de México (26° N). El 11 de enero de 2010, un grupo de machos (Grupo Experimental; n=8) fueron puestos en un corral adyacente a cuatro hembras durante 3 semanas, las cuales fueron tratadas con 2 mg de cipionato de estradiol, el cual se les aplicó cada 3 días. Otro grupo de machos (Grupo Testigo; n=8) no tuvo contacto con ninguna hembra durante este mismo periodo. Al final del tratamiento (10 y 12 de febrero) se realizó una prueba de comportamiento sexual, en la cual los machos de ambos grupos fueron expuestos a dos hembras estrogenizadas, durante 15 min cada uno. El olor (0-4 escala) fue mayor en los machos Experimentales que en los machos Testigos en los días 21 y 28 del estudio (1.1, y 1.0 vs. 0.8 y 0.4, Experimental y Testigo, respectivamente; $P < 0.05$). Además, la mayoría de las conductas sexuales registradas fueron realizadas por los machos del grupo Experimental (olfateos ano-genitales, intentos de montas, montas, 66%, $P < 0.01$). Los resultados del presente estudio permiten concluir que el final de la estación reproductiva de los

machos Alpinos se puede prolongar mediante el contacto con hembras estrogenizadas.

Palabras claves: Estacionalidad reproductiva, Caprinos, Alpino-Francés, Espermatozoides, Comportamiento sexual

ABSTRACT

The presence of estrogenized female goats extends the breeding season of Alpine bucks in the Mexican semi-desert

The aim of this study was to determine whether the end of the breeding season of Alpine bucks can be extended throughout their contact with estrogenized goat females in northern Mexico (26° N). In January, a group of males (MH, n = 8) was placed for 28 days in a pen adjacent to another pen with four females estrogenized; these pens were divided by a wire mesh. Another group of males (GC, n=8) had no contact with any female during this period. On days 30 and 32 of the study, a test of sexual behavior was performed; each male was exposed for 15 min to two estrogenized females. Testosterone plasma concentrations were determined for each male on day 28 and 35. The MH group exerted the greatest sexual activity considering ano-genital sniffs, attempts to ride, and ride recorded ($P<0.01$). On d-28, testosterone levels were higher in MH group compared to the GC group (164 ± 56 vs. 49 ± 18 mg/ml, $P=0.06$), however, on d-35, testosterone levels decreased in group MH while increased in GC (42.6 ± 14 vs. 252 ± 63 mg/ml, $P<0.05$). Results demonstrate that it is possible to extend the end of the breeding season in Alpine bucks by exposed them to estrogenized females, while also suggest that males become refractory to the female presence after one month; results are relevant in the designing of reproductive management strategies.

Key Word: Reproductive seasonality, goats, Alpine, effect female, sexual behavior

1. Introducción

A nivel local, la ganadería caprina es reconocida por la producción de leche y cabrito para abasto del país, es decir, hay demanda todo el año (Aréchiga *et al.*, 2008), pero la fisiología reproductiva de las cabras incide negativamente en el mercado, sufriendo el efecto de la oferta y demanda de los productos y perjudicando a la caprinocultura (Álvarez-Ramírez *et al.*, 1999; Chemineau *et al.*, 2003). Hablando particularmente de la especie caprina, en algunas razas las hembras están sometidas a cambios cíclicos en su actividad reproductora, integrados con los cambios ambientales; a esto se le llama reproducción estacional (Mascarenhas *et al.*, 2006), ejemplo de estos factores determinantes son las interacciones sociales, el fotoperiodo y la condición nutricional del animal (Gonzales-Stagnaro, 1993).

Las hembras de pequeños rumiantes presentan un anestro estacional, probablemente heredado de sus ancestros salvajes (Chemineau *et al.*, 2003). En ellas, la estacionalidad reproductiva representa un mecanismo de adaptación (Álvarez-Ramírez *et al.*, 1999). Entre las razas de ovinos y caprinos domésticos existe una variabilidad importante en cuanto a la duración y la intensidad del anestro estacional (Córdova-Izquierdo *et al.*, 2008). Este anestro tiene consecuencias importantes sobre la conducta reproductiva de los rebaños. En algunos casos se observa actividad sexual (espermatogénesis en el macho y actividades ovulatoria y estral en la hembra) mínima en primavera y verano y máxima en otoño e invierno (Chemineau *et al.*, 2003). Esta estacionalidad resulta

de una combinación, entre un ritmo endógeno circanual y la interpretación por el sistema nervioso central de la duración de la noche, vía la secreción de melatonina de origen pineal (Chemineau *et al.*, 2010).

Un factor que puede afectar la actividad reproductiva son las relaciones socio-sexuales como el “efecto hembra en ovejas: (Walkden-Brown *et al.*, 1993a; Restall *et al.*, 1995); vacas: (Wright *et al.*, 1994); jabalí: (Delcroix *et al.*, 1990); y los seres humanos: (McClintock, 1971; Stern y McClintock, 1998). En efecto, la presencia de ovejas con un ciclo estral continuo (O'callaghan *et al.*, 1994) o la introducción repentina de ovejas en celo (generalmente por inducción hormonal) (Zarco *et al.*, 1995) durante la temporada de anestro son capaces de inducir y sincronizar la ovulación en las ovejas en anestro y así adelantar el inicio de la época de cría (Fabre-Nys.C., 2000). Debido a lo anterior, es de interés determinar si durante la temporada de reposo sexual, las cabras en estro son capaces de inducir la actividad sexual en machos cabríos del norte de México. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar: 1) si la exposición de machos con cabras en estro pueden promover la actividad sexual, 2) si los machos responden a las cabras en estro de igual manera en marzo como en junio.

OBJETIVOS

Determinar si la exposición de machos cabríos Alpinos a cabras estrogenizadas prolonga la actividad sexual de estos en el Norte de México.

HIPÓTESIS

Los machos cabríos de la raza Alpino Francés cuando son expuestos a hembras estrogenizadas prolongan su actividad estral.

2. Revisión de literatura

2.1 Estacionalidad reproductiva, actividad gonadal, y actividad pulsátil de la GnRH

Aunque la actividad espermatogénica y el comportamiento sexual de los machos cabríos y los carneros siempre están presentes de alguna manera, varían de gran forma con la estación (Chemineau *et al.*, 2010). Los cambios estacionales en la actividad reproductiva se originan casi exclusivamente por los cambios en la secreción de LH y FSH por la glándula pituitaria (Rosa y Bryan, 2002), la cual es a su vez controlada por la pulsatilidad de la GnRH en el sistema portal-cerebral a nivel pituitario (Barrell *et al.*, 1992; Chemineau y Delgadillo, 1993). La frecuencia de la liberación de GnRH en el sistema portal es un mensaje esencial enviado por el cerebro de manera estacional, para controlar todo el eje hipotálamo hipofisario–gonadal (Tricoire *et al.*, 2002; Thiery *et al.*, 2006). Estos cambios estacionales en la actividad pulsátil de la GnRH son accionados por el fotoperiodo y la melatonina (Malpaux *et al.*, 2001), que actúa como sincronizadora del ritmo endógeno de la reproducción (Tricoire *et al.*, 2003; Thiery *et al.*, 2009).

Estos mecanismos pueden ser acomodados en 4 grupos principales fuertemente interrelacionados entre ellos como se muestra en la Figura 1.

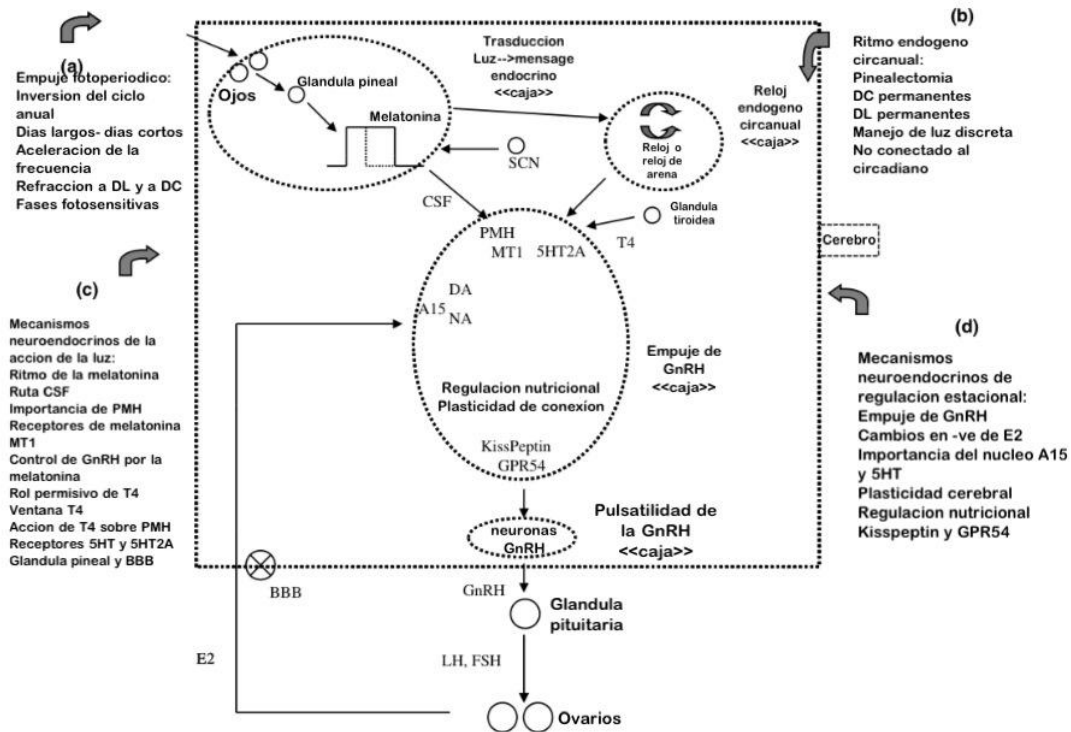


Figura 1. Representación esquemática del control neuroendocrino de la actividad reproductiva estacional en cabras y ovejas adaptado de Chemineau *et al.* (2010).

- a) La conducción fotoperiódica de la actividad reproductiva, demostrada por variados y numerosos experimentos de control de luz utilizando la inversión del ciclo anual, regímenes de FSH de días largos y días cortos, aceleración de la frecuencia anual, mantenimiento de término medio en fotoperiodos largos y cortos constantes (los que inducen a la refracción) y la iluminación de fases foto sensitivas (Malpaux *et al.*, 1988).
- b) El ritmo circanual endógeno de la actividad reproductiva, cuya existencia fue fuertemente sugerida por los resultados de la pinealectomía, o mantenimiento a largo plazo de periodos largos/cortos constantes. Este ritmo endógeno circanual es sincronizado por señales de luz externas

discretas y pueden trabajar ya sea en base a un reloj o a un reloj de arena (Malpaux *et al.*, 1997).

- c) El mecanismo neuroendocrino de la acción de la luz en la actividad reproductiva, el cual se ha demostrado que es manejado por la secreción pineal de melatonina en el fluido cerebroespinal (PMH), probablemente vía el receptor tipo 1 de melatonina (MT1), y la cascada de eventos de control de la GnRH (Malpaux *et al.*, 1994; Batailler *et al.*, 2004).
- d) Los mecanismos neuroendocrinos involucrados en la regulación estacional de la actividad reproductiva, fuertemente asociada con los mecanismos antes descritos, y los cuales fueron demostrados que varían estacionalmente y controlan la actividad pulsátil de la GnRH (Álvarez-Ramírez y L.A., 2000).

2.2 Control de la estacionalidad reproductiva por el fotoperiodo

Desde hace tiempo se conoce que la actividad sexual en reproductores de días cortos, como los borregos y las cabras, se inhibe por los días largos (DL) mientras que los días cortos (DC) la estimulan (Álvarez y Zarco, 2001). Aunque estos efectos, específicos de la longitud del día, no son permanentes, y cuando son sujetos a un fotoperiodo constante, los animales se vuelven “refractarios”, “escapan” del fotoperiodo prevaleciente: los DL dejan de ser inhibidores, y los DC dejan de estimular (Malpaux *et al.*, 1988; Chemineau *et al.*, 2010). En cabras y

borregas, esta refracción podría ser considerada conceptualmente como apenas el primer paso de la expresión del ritmo endógeno circanual, el cual puede ser sobrepasado (“roto”) por animales en transferencia del fotoperiodo opuesto (Malpaux *et al.*, 1988) conocido como refracción a DC, lo cual ocurre de manera natural en borregas durante finales de invierno, y se rompe por dos meses de exposición a DL en Diciembre-Enero, permitiendo que la eficacia de la estimulación de los DC se restablezca (Jackson *et al.*, 1988; Arrebola *et al.*, 2010).

2.3 Estacionalidad reproductiva de las cabras y ovejas en diferentes latitudes

La actividad sexual anual de las cabras ha sido estudiada en varias razas y en varias regiones; sin embargo, en muchos aspectos, la información que se tiene de la actividad reproductiva es escasa y en muchos casos solamente se tienen las características de las razas locales y de las razas puras en sus regiones de origen (Álvarez-Ramírez y Zarco-Quintero, 2000; Chemineau *et al.*, 2003). En efecto, existen más reportes para los caprinos de las latitudes templadas (>35° Latitudes Norte o Sur), mientras que en las latitudes subtropicales (25 a 35° Latitudes Norte o Sur) (figura 2) es poca la información que se conoce (Carrillo *et al.*, 2010). En las zonas tropicales, las ovejas y los borregos presentan un fotoperiodo diferente que en las zonas subtropicales, al igual que lo presentan la ovejas de zonas templadas (Arroyo, 2011), como se observa en la Figura 2:

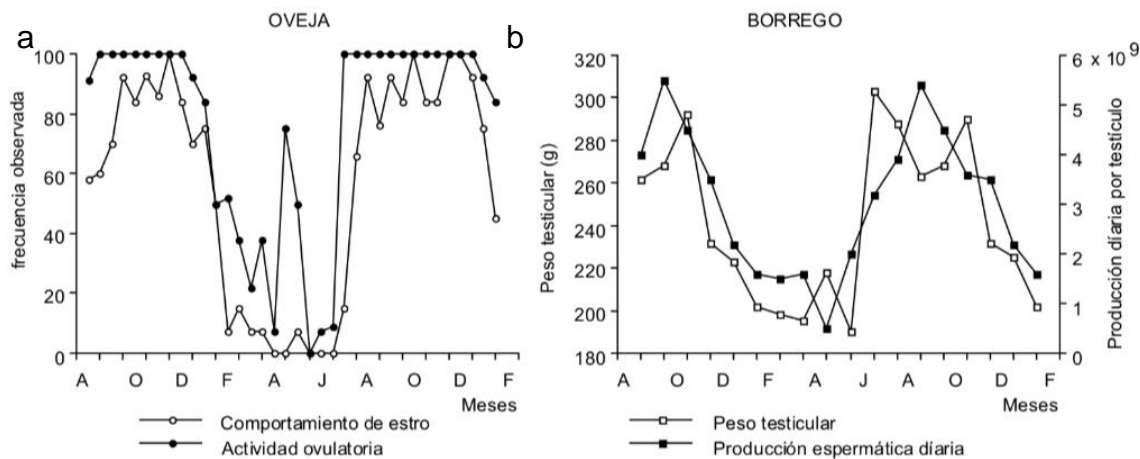


Figura 2 En esta figura se muestran variación estacional (a), de la ocurrencia de ovulación y el comportamiento estral en oveja Ile-de-France (b) de la producción espermática y el peso testicular en borregos Ile-de-France (Chemineau *et al.*, 2003).

Los machos de las razas Alpina y Saanen de las zonas templadas (45° N, la duración del día en el solsticio de invierno es aproximadamente de 8 h de luz y en el solsticio de verano es de 16 h de luz) muestran una marcada estacionalidad reproductiva (Chemineau *et al.*, 2003). En los machos de estas latitudes mantenidos en condiciones naturales, el comportamiento sexual depende de la secreción de testosterona, la cual disminuye durante la primavera y el verano (Figura 3), disminuyendo consecuentemente el volumen del eyaculado y el número total de espermatozoides/ml, siendo el fotoperiodo el principal factor del medio ambiente que sincroniza la actividad sexual (Delgadillo *et al.*, 1999) (Cuadro 1). Algunos estudios demuestran que los machos cabríos Alpino-Francés jóvenes criados con un esquema intensivo a 26° LN en el subtrópico mexicano, muestran un patrón estacional con respecto a calidad espermática, libido y peso testicular, y las hembras en su actividad estral ovárica como lo demuestra Chang Yong *et*

a/(2006) en el cuadro 2. Las cabras presentan su actividad sexual de agosto a febrero y los machos cabríos la manifiestan de mayo a diciembre (Delgadillo *et al.*, 2003a; Delgadillo y Vélez, 2010).

FIGURA 3
DURACIÓN DEL ANESTRO ESTACIONAL EN DIFERENTES
RAZAS OVINAS

Referencia	Lugar	Latitud	Raza	Período de anestro (mes)												Duración del anestro (días)-		
				E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
Dýrmondsson (1978)	Islandia (Hvanneyri)	64°34' N	Ovejas nativas														219	
Wheeler y Land (1977)	Escocia (Roslin)	~ 56° N	Finnish - Landrace														166	
			Tasmania - Merino															181
			Scottish - Blackface															
Land <i>et al</i> (1973)	Francia (Nouzilly)	47°30' N	Romanov														164	
			Solognote															210
Thimonier y Mauleón (1969)	Francia (Jouy-en Josas)	48°30' N	Ile - de - France														179	
			Préalpes															114
Rawlings <i>et al</i> (1977)	E.U.A. (South Caroline)	~33° N	Western Whiteface														~ 91.5	
Webstery Haresing (1983)	Inglaterra (Nottingham)	~ 53 N	Dorset - Horn														100	
			Welsh - Mountain															183
Amir y Gacitua (1985)	Israel (Bet - Dagan)	~ 32° N	Finn - cross														152	
Saiz <i>et al</i> (1980)	España (Madrid)	~ 40° N	Manchega														114	
			Manchega															97
González <i>et al.</i> (1980)	España (Badajoz)	~ 39° N	Merino														~ 91.5	
Ammar Khodja y Brudieux (1982)	Argelia - Alger	36°30' N	Tamid														52	

Figura 3 Muestra las diferentes regiones, latitudes y origen de algunas razas de ovejas en anestro estacional (Porras-Almeraya *et al.*, 2003).

Cuadro 1. Razas de machos que presentan una estacionalidad marcada en diferentes latitudes las cuales se consideran zonas templadas.

Razas	Región	Latitud	°C	Periodo de Reposo Sexual	Autor
Serrana variedad Transmontana	Trás-os-Montes – Portugal	41° N	42.3	Febrero- Junio	(Mascarenhas <i>et al.</i> , 2006)
Raza local griega	Macedonia – Grecia	40° N	41.2	Marzo – Junio	(Avdi <i>et al.</i> , 2000)
Tinerfeña	Tenerife - Canarias (España)	28° N	40.4	No Presenta	(Porras- Almeraya <i>et al.</i> , 2003; Mascarenhas <i>et al.</i> , 2006)
Alpino-Francés	Comarca Lagunera Coahuila	26° N	38.0	Enero-Abril	(Delgadillo <i>et al.</i> , 2002a)
Cashmere	Australia	29° S	42.0	Febrero- Junio	(Walkden- Brown <i>et al.</i> , 1994)

Cuadro 2. Características del semen y la variación estacional de machos cabríos nativos de corea (Chang-Yong *et al.*, 2006).

Estación	Volumen (ml)	Concentración n (10 ⁸ /ml)	Total de esperma(10 ⁸ /ml)	Espermas vivos (%)	Motilidad (0-5)
Primavera	2.2±1.5	24.3±2.0	53.6±36.0	87.1±5.7	4.0±1.0
Verano	2.1±1.0	23.9±7.3	50.9±26.1	87.8±4.9	4.6±0.6
Otoño	2.1±1.0	21.8±7.6	44.7±30.0	90.2±7.2	5.0±0.0
Invierno	1.4±0.4	17.3±3.1	23.6±6.4	85.0±0.0	5.0±0.0
Media	2.1±1.0	22.9±7.0	47.4±27.8	88.2±5.6	4.7±0.6

2.4. Factores externos que regulan la estacionalidad reproductiva de los ovinos y caprinos

Existen variables extrínsecas (asociadas con los cambios estacionales en clima y disponibilidad de alimentos) e intrínsecas (asociadas con el tamaño corporal final, la duración de diferentes eventos reproductivos y la longevidad del individuo) que determinan que los animales desarrollen "estrategias" estacionales o no para su

reproducción (Avdi *et al.*, 1993; Chemineau y Delgadillo, 1993). Dichas estrategias están a su vez reguladas por una compleja interacción de factores físicos (fotoperiodo, temperatura, precipitación pluvial) (Chemineau *et al.*, 2003), nutricionales (disponibilidad de alimentos) (De la Isla-Herrera *et al.*, 2010) y sociales (presencia del macho, prácticas de manejo o crianza) (Porras-Almeraya *et al.*, 2003; Delgadillo *et al.*, 2006).

2.4.1 Fotoperiodo

Los animales utilizan diversas "señales externas" que les permiten anticipar y adaptarse a las diferentes estaciones del año; de esta manera, los animales acumulan reservas de grasa antes del invierno, desarrollan pelajes adecuados a la estación, y las especies con estacionalidad reproductiva determinan el tiempo apropiado para su reproducción (Lincoln, 1992; Duarte *et al.*, 2008; Hinojosa-Cuellar y Oliva-Hernández, 2009). Se conoce que el fotoperiodo es el principal factor ambiental utilizado como señal, porque a diferencia de otras variables, el ciclo luminoso anual es una variable "constante" de un año a otro, siendo el indicador más confiable de la época del año (Gebbie *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2011).

Desde los años treinta se observó que el ciclo reproductivo de las ovejas se desfasa e invierte cuando se cambiaban de hemisferio. Este hallazgo propició la realización de numerosos estudios para evaluar los efectos del ciclo luminoso sobre la actividad reproductiva (Porras-Almeraya *et al.*, 2003). Dos tipos de experimentos han permitido demostrar que el fotoperiodo es el principal agente sincronizador de los ciclos reproductivos anuales en la oveja (Delgadillo *et al.*, 2003b; Rivera-Lozano *et al.*, 2011).

Con cualquiera de las dos metodologías, la alteración de los patrones de actividad ovárica es considerada como evidencia de que la estacionalidad de la especie es controlada por el fotoperiodo. El primer método experimental consiste en someter a las ovejas a un régimen de luz artificial opuesto al que naturalmente está ocurriendo (fotoperiodo inverso). En ovejas que presentan un patrón reproductivo estacional, la aplicación de un fotoperiodo inverso logra desfasar e invertir su ciclo reproductivo (Thwaites, 1965; Delgadillo *et al.*, 2011). En los primeros estudios con fotoperiodo artificial se observó que la disminución en la cantidad de horas luz por día ocasiona el inicio de la actividad ovárica, mientras que su incremento la deprime (Delgadillo *et al.*, 2002b; Delgadillo y Vélez, 2010). Esto originó que se clasificara a los ovinos como una especie de "días cortos" por su capacidad para reproducirse durante el otoño (cuando la longitud del día disminuye) (Álvarez y Zarco, 2001; Porras-Almeraya *et al.*, 2003).

Al respecto, se conoce que las ovejas que son trasladadas de latitudes altas ($>35^\circ$ de N S) a bajas ($< 35^\circ$ de N S), o que son expuestas a fotoperiodos artificiales de tipo ecuatorial, conservan, incluso después de varios años, su patrón reproductivo estacional, (Figura 4) (Porras-Almeraya *et al.*, 2003). Arrebola *et al* (2010) en un estudio demostró que los machos cabríos de la raza Murciano granadina tienen una fuerte respuesta a los efectos del fotoperiodo en las diferentes estaciones del año Figura 5.

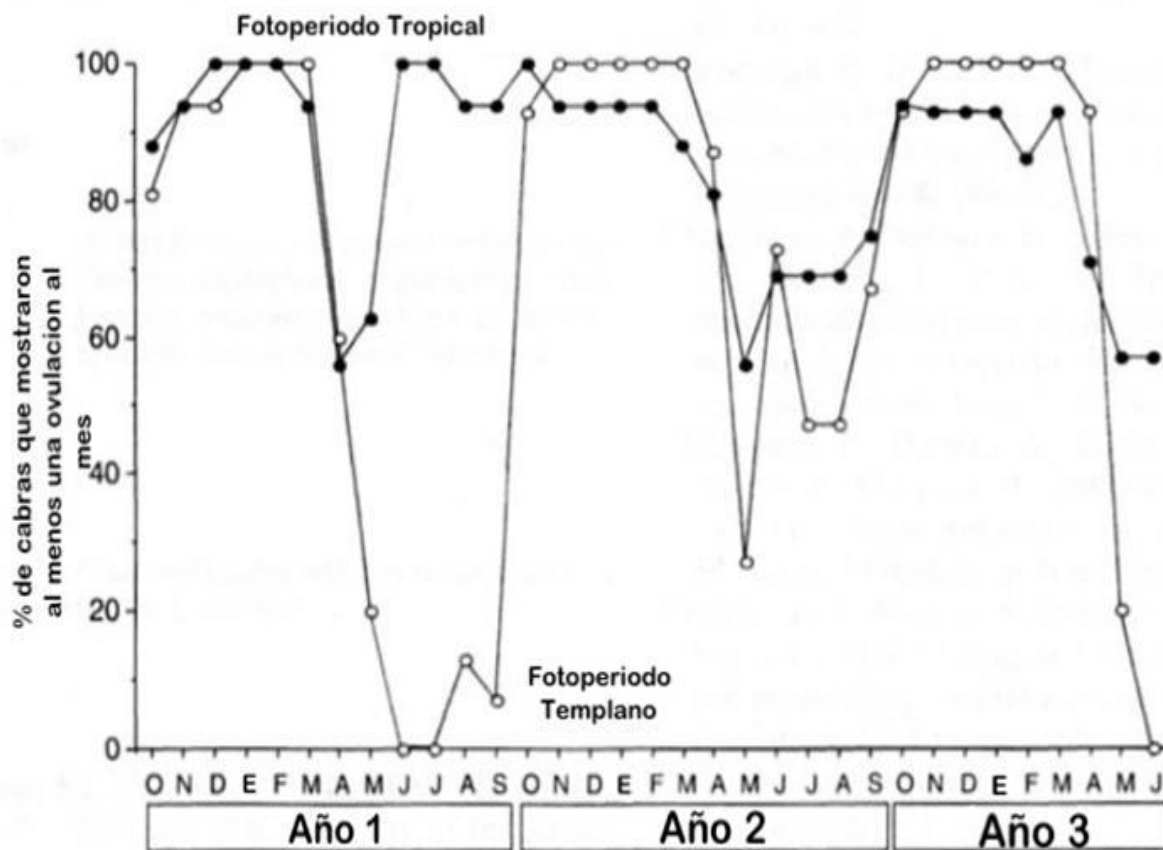


Figura 4. Las cabras expuestas a fotoperiodos tropicales y templados de tipo ecuatorial conservan su patrón reproductivo estacional. Adaptada de Chemineau *et. al.* (2004).

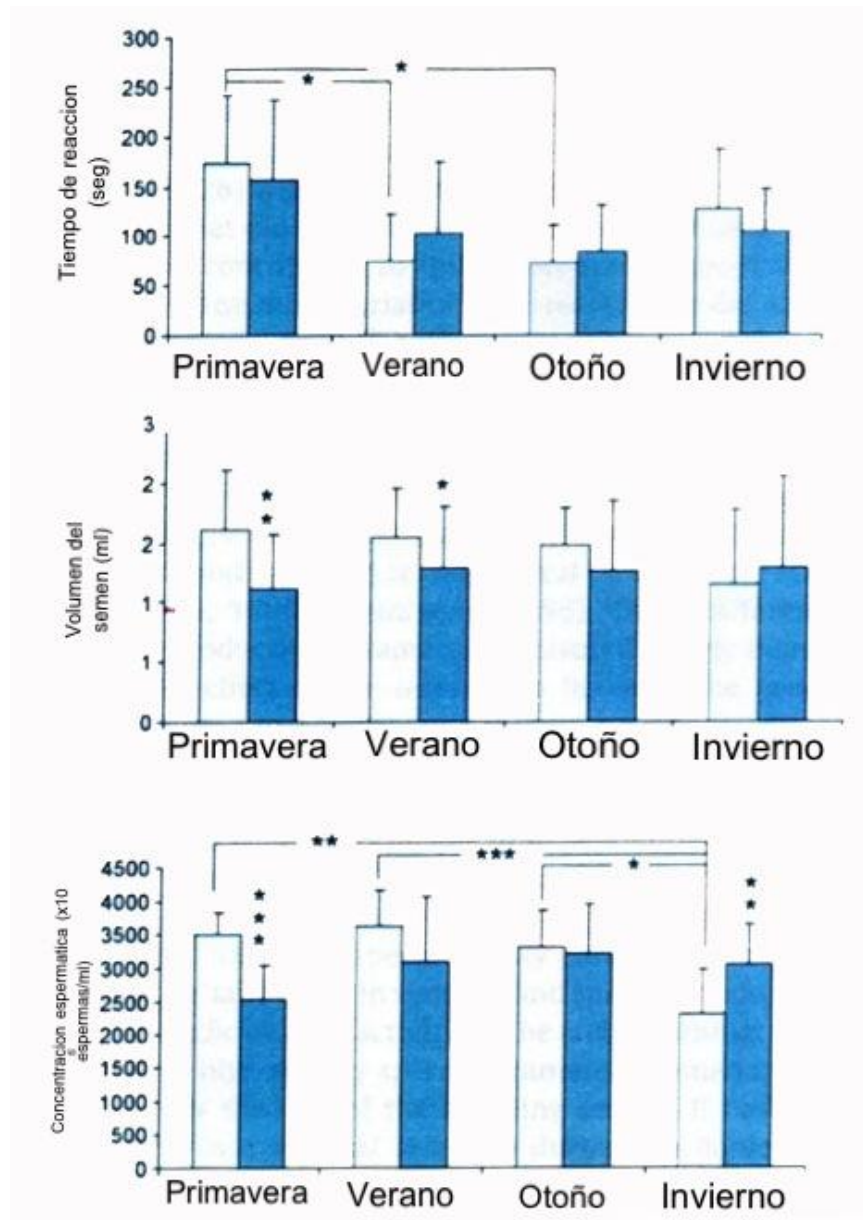


Figura 5. El tiempo de reacción, volumen del semen y la concentración de espermias en condiciones naturales en Machos Murciano-Granadina (Barras) y un fotoperiodo largo alternativo (16L/8D) y uno corto (8 L/16D), (asteriscos dentro de las líneas de conexión barras indican la importancia entre temporadas de un grupo (control o luz artificial) los asteriscos sobre las barras indican diferencias significativas entre los grupos de la temporada). *P<0.05; **P<0.01;***P<0.001(Arrebola *et al.*, 2010).

2.5. Nutrición

Otro factor importante en la modulación de la actividad sexual de los pequeños rumiantes es la alimentación (Delgadillo *et al.*, 2004). Por ejemplo, en un estudio donde se evaluó el efecto de la restricción nutricional moderada sobre la reproducción se encontró que restringir el 25% de los requerimientos nutricionales afecta la función reproductiva de la cabras durante el periodo de transición, pero no durante la época reproductiva (Rosales-Nieto *et al.*, 2006). En la figura 6 se muestra la actividad estral y ovulatoria de acuerdo a la condición corporal de las cabras en el subtrópico mexicano (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008).

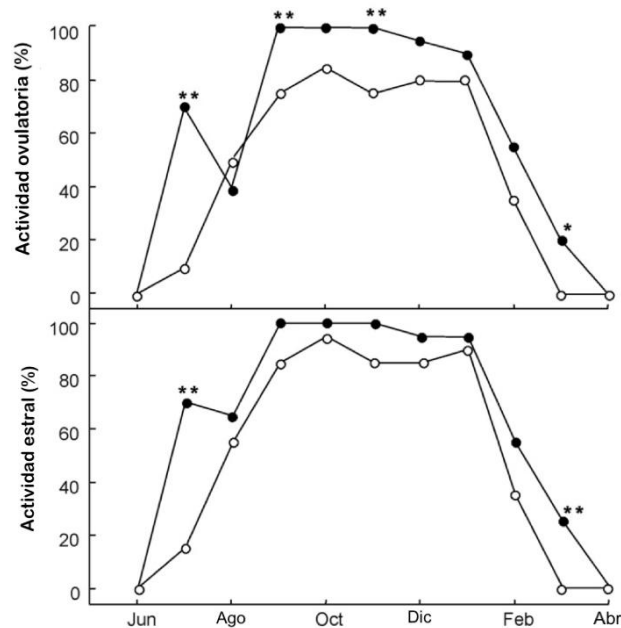


Figura 6. Porcentajes de mayor a menor condición corporal de cabras que exhiben una ovulación en el subtrópico de México (arriba) y comportamiento estral (abajo) por lo menos una vez al mes cuando se mantiene en mayor (●) o menor condición corporal (°). * P < 0,05, ** P < 0,01.

En un experimento donde se sometieron cabras ovariectomizadas tratadas con estradiol a dos intervalos consecutivos de tres meses de días largos seguidos de tres meses de días cortos o viceversa y que además se dividieron aleatoriamente en dos grupos nutricionales con, ya sea el 1.1 o el 0.7 de sus requerimientos de mantenimiento, se encontró que las cabras mediterráneas son sensibles al fotoperiodo. También se estableció que esta señal ambiental puede controlar el tiempo del inicio de la actividad pituitaria bajo circunstancias naturales y sugiere que la nutrición juega un papel importante en el efecto del fotoperiodo sobre la secreción de LH (Zarazaga *et al.*; De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008).

2.6. Temperatura

Existe evidencia de que en aquellas especies en las que no hay un control endógeno de la temperatura corporal (vertebrados poiquilotérmicos), la termoperiodicidad generalmente domina a la fotoperiodicidad para la sincronización del ritmo reproductivo anual. También existe evidencia que indica que la temperatura ambiental es capaz de interactuar con el fotoperiodo para sincronizar los ritmos reproductivos de vertebrados homeotérmicos; así por ejemplo, la actividad sexual del hámster dorado disminuye durante el otoño, cuando decrece la duración del día. Sin embargo, en condiciones de fotoperiodo corto, la atrofia ovárica se presenta más rápido a medida que la temperatura ambiental es menor (Porras-Almeraya *et al.*, 2003).

Sawyer(1979) aplicó temperaturas elevadas antes de la fecha esperada de estro, ocasionando una reducción en la incidencia de estros detectados, así como retraso en la manifestación del estro y en la presentación del pico preovulatorio de LH. Además, la temperatura elevada puede afectar la fertilización y la sobrevivencia embrionaria en las ovejas. También observó que si las ovejas Merino se someten a temperaturas de 40° a 43° C después de su inseminación, se ocasiona una reducción en su índice de gestación. En un segundo experimento, se aplicó estrés calórico antes y después de la inseminación, resultando también en una pobre fertilidad. Sin embargo, todos estos efectos de las temperaturas extremas no pueden considerarse como un mecanismo de regulación normal, sino más bien una respuesta fisiológica a un estrés térmico excesivo, que normalmente no se presenta en la región de la cual se originaron dichas razas ovinas(Porras-Almeraya *et al.*, 2003).

Las variaciones anuales en el fotoperiodo y en la temperatura ambiental son menores en las latitudes bajas (zonas ecuatoriales y tropicales, tal y como reportan Sawyer *et al.*, (1979) como se observa en la Figura 7.

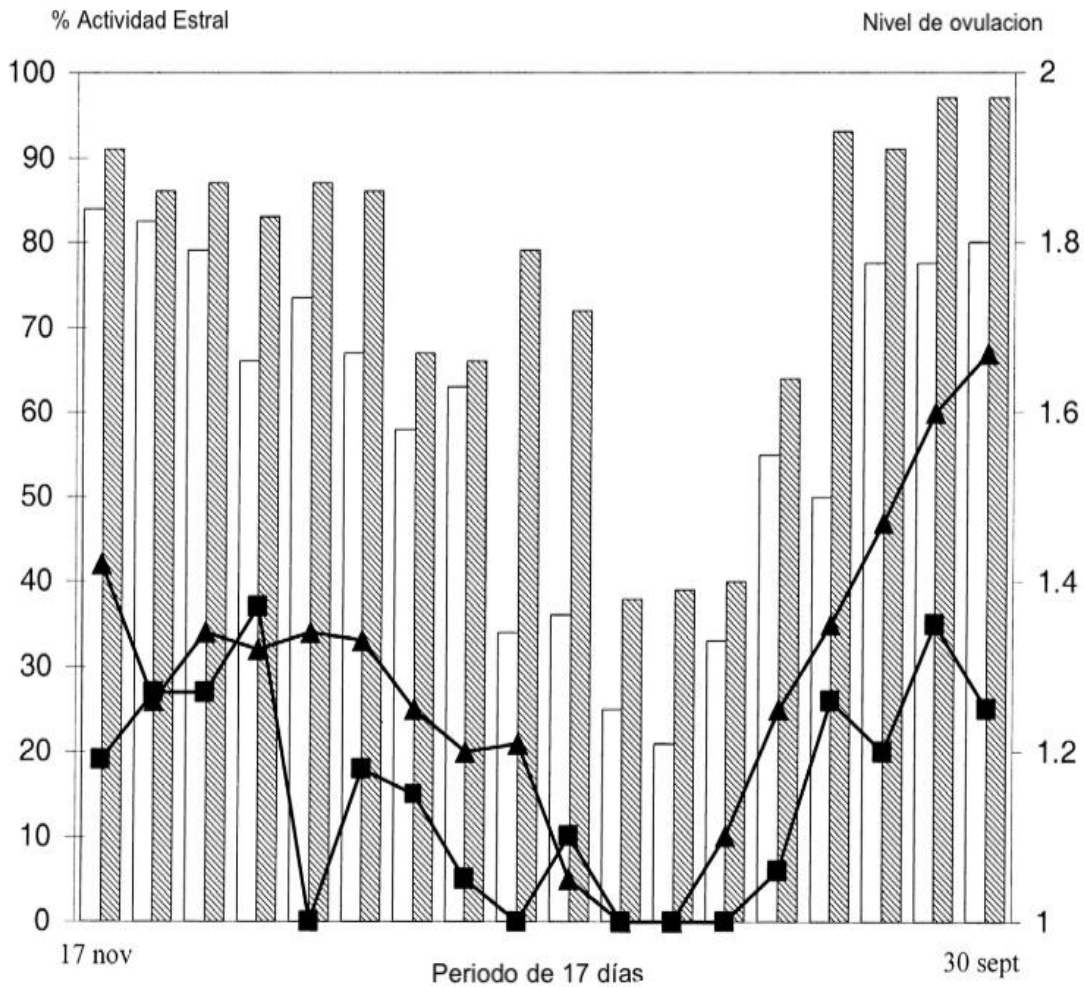


Figura 7. Se muestran las ovulaciones y actividad estral observadas durante casi un año en periodos de 17 días en donde se observó la actividad reproductiva en las 4 estaciones del año de acuerdo a la condición corporal de los animales adaptada de Zarazaga *et al*(2008) .

Existen estudios que sugieren una estrecha relación entre la distribución anual de la lluvia y las tasas de concepción o de partos en zonas ecuatoriales. Hambolu *et al* (1985) encontraron que la actividad ovárica de las ovejas Yankasa en Nigeria es

significativamente mayor durante la época de lluvia que durante la estación de sequía, lo que se atribuye a una mayor disponibilidad de alimentos. Señalando que en las zonas áridas es usual que las ovejas muestren anestro durante la estación de sequía. En estas regiones el fotoperiodo tiene una variación mínima durante el año, lo que hace suponer que el patrón anual de lluvia pueda ser considerado como una señal que permite sincronizar la actividad sexual, así como el mecanismo neuroendocrino por el cual la lluvia pueda influir sobre el ciclo reproductivo. La reproducción es un proceso que demanda energía y nutrientes, resultando evidentemente que los animales manifiesten una tendencia hacia la estacionalidad reproductiva en aquellos hábitats donde la disponibilidad de alimentos no sea constante durante el año, y serán estrictamente estacionales en lugares en los que la disponibilidad de alimentos de alimentos varíe marcadamente. En las ovejas los niveles de gonadotropinas son menores en animales en pobres condiciones corporales Thomas et al (1990) encontraron que ovejas ovariectomizadas, en pobres condiciones corporales, tiene niveles menores de LH (debido a una reducción en la frecuencia de secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas), aunque esto no ocurrió en las ovejas intactas. En consecuencia, el efecto nutricional actúa directamente sobre el sistema nervioso central independientemente del mecanismo de retroalimentación negativa ejercido por los esteroides ováricos (Tyrrell *et al.*, 1980; Véliz *et al.*, 2006) (Figura 8). Findlay y cumming et al (1976) señalan que la condición corporal de las ovejas también reduce las tasas de ovulación y de partos, sin que al parecer esté asociada con cambios en los niveles plasmáticos de las hormonas FS y LH (Zarazaga *et al.*).

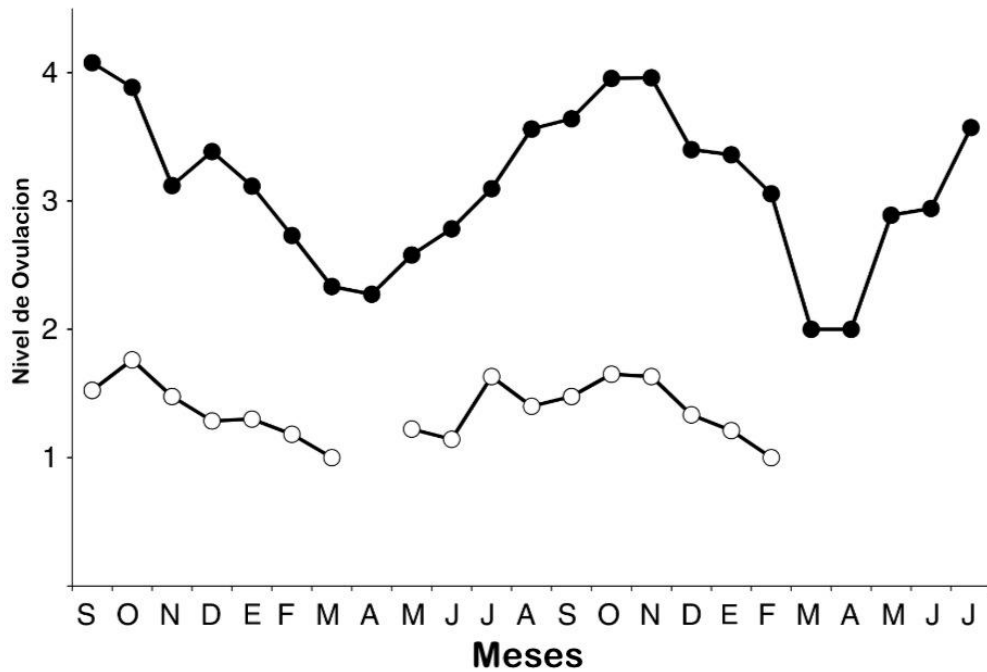


Figura 8. Taza de ovulación de acuerdo a la condición corporal de las ovejas en diferentes meses del año (Avdi *et al.*, 1993). Adaptada de (Almeida *et al.*, 2007).

En las zonas templadas, a diferencia de las ecuatoriales, los individuos están obligados a limitar el periodo de partos durante el periodo más favorable del año (Chemineau *et al.*, 2003), es decir, cuando la temperatura es menos drástica y la disponibilidad del alimento es más abundante (Chemineau *et al.*, 2010).

2.7. Efecto hembra - hembra

La presencia de ovejas con un ciclo estral continuo (O'callaghan *et al.*, 1994) o la introducción repentina de ovejas en celo (generalmente por inducción hormonal) (Zarco *et al.*, 1995) en la temporada de anestro son capaces de inducir y sincronizar la ovulación en estas ovejas y así avanzar en el inicio de la época de cría. Este fenómeno se conoce como facilitación social, y debido a que el estímulo es proporcionado por las señales sociales que emanan de las hembras que ha sido designado como el "efecto hembra-hembra". Como la mayoría de las observaciones de este efecto se han realizado en experimentos en los que se incluyeron también carneros, se ha sugerido que el efecto actúa a través de los carneros y por lo tanto, el papel de las ovejas en celo sería estimular a los machos para que a su vez, sea más eficaz en estimular el anestro en las ovejas (Knight, 1985; Nugent y Notter, 1990). Sin embargo, Además de este efecto mediado por el macho, en 1994 se identificó también un efecto directo hembra-hembra (O'callaghan *et al.*, 1994; Zarco *et al.*, 1995). Se requiere una alta proporción de ovejas en celo y ovejas en anestro para detectar efecto directo (relación de 100 y 50%, respectivamente). Por otro lado, la exposición a los grupos de hembras no cíclicas no tiene efecto en el estado reproductivo de las ovejas en anestro (Walkden-Brown *et al.*, 1993b; Donovan *et al.*, 1994). Las respuestas reproductivas del contacto hembra a hembra también se han observado en cabras (Walkden-Brown *et al.*, 1993a; Walkden-Brown *et al.*, 1993c; Walkden-Brown *et al.*, 1993b; Restall *et al.*, 1995), vacas (Wright *et al.*, 1994), jabalí (Delcroix *et al.*,

1990), los seres humanos (McClintock, 1971; Stern y McClintock, 1998) y en muchos otros mamíferos.

4. Efecto hembra - macho

Se ha reportado que las hembras en estro pueden incrementar los niveles de LH y testosterona en los machos (Figura 9 y 10). En efecto, en algunas épocas del año, en los machos Cashmereaustralianos (Walkden-Brown *et al.*, 1994b) y en los carneros Ile-de-France (Schanbacher *et al.*, 1987; Gonzalez *et al.*, 1991a,b), la exposición a hembras en estro incrementa los niveles de LH y testosterona y el comportamiento sexual.

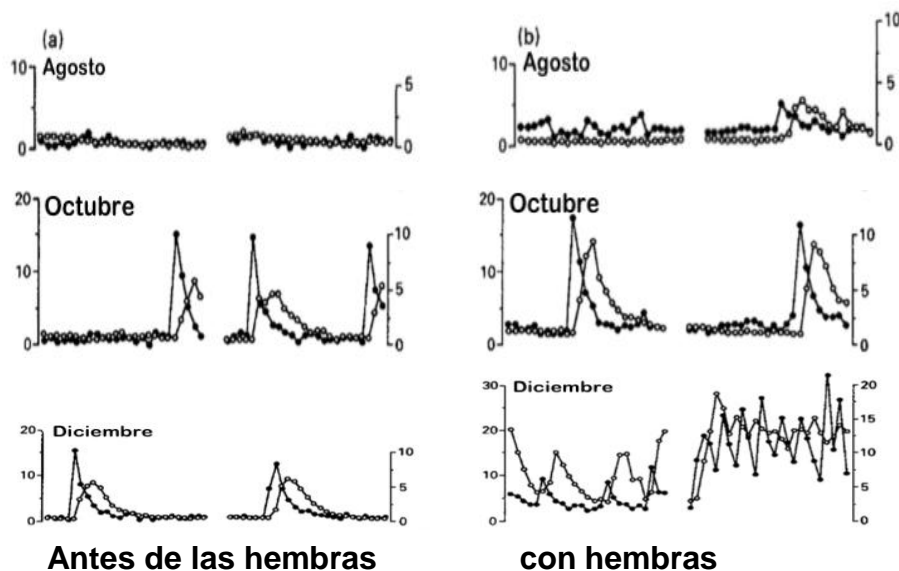


Figura 9. Perfiles representativos de LH (•) y testosterona (°) en tres diferentes meses de machos de la raza Cahsmere alimentado con una (a) dieta de baja calidad con pasto y heno (b) una dieta de alta calidad con alfalfa a libre acceso por 16 meses. Después se le introdujo una hembra en celo a cada corral de macho (Walkden-Brown *et al.*, 1994).

Secrecion de LH y testosterona en machos cabrios

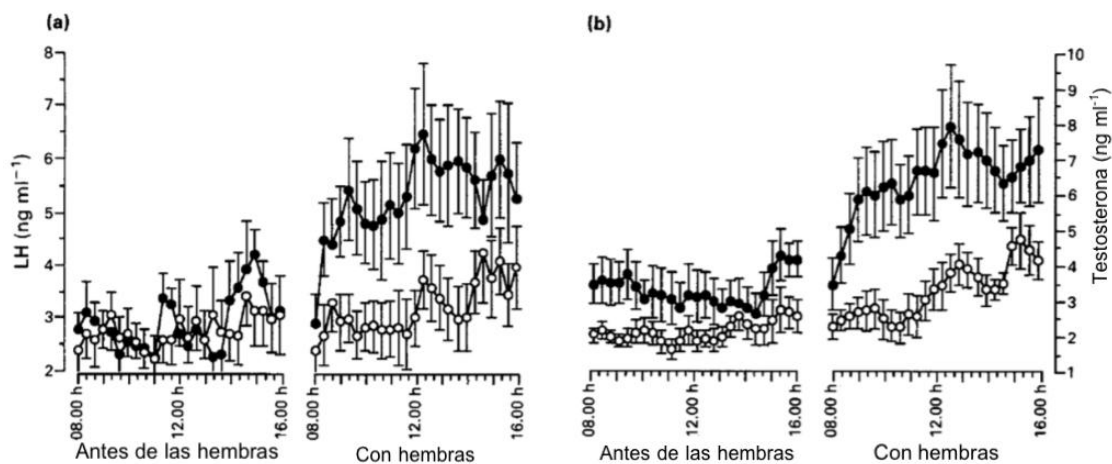


Figura 10. Niveles de Concentración de LH y testosterona en machos antes y después de estar en contacto con las hembras en celo (Walkden-Brown *et al.*, 1999).

LITERATURA CITADA

- Almeida, A. M., L. M. J. Schwalbach, L. A. Cardoso y J. P. C. Greyling 2007. "Scrotal, testicular and semen characteristics of young boer bucks fed winter veld hay: The effect of nutritional supplementation " *Small Ruminant Research* 73: 216-220.
- Álvarez-Ramírez, L., A. E. DucoingWatty, A. M. Trujillo García y L. A. Zarco Quintero 1999. "Conducta estral, concentraciones de lh y función lútea en cabras en anestro estacional inducidas a ciclar mediante el contacto con cabras en estro." *Veterinaria México* 30: 25-31.
- Álvarez-Ramírez, L. y Z. Q. L.A. 2000. "Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras." *Veterinaria México* 32: 117-129.
- Álvarez-Ramírez, L. y L. A. Zarco-Quintero 2000. "Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras." *Veterinaria México* 32: 117-129.
- Álvarez, L. y L. A. Zarco 2001. "Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras." *Veterinaria Mexico* 32: 117-129.
- Aréchiga, C., J. I. Aguilera, R. M. Rincón, S. Méndez de Lara, V. R. Bañuelos y C. A. Meza-Herrera 2008. "Role and perspectives of goat production global woeld." *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 9: 1-14.
- Arrebola, F., C. C. Pérez-Marín y J. Santiago-Moreno 2010. "Limitation of seasonality in reproductive parameters of mediterranean bucks, using photoperiod treatment." *Small Ruminant Research* 89: 31-35.
- Arroyo, J. 2011. "Reproductive seasonality of sheep in méxico." *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 829-845.
- Avdi, M., M. Driancourt y P. Chemineau 1993. "Variations saisonnieres du comportement d'oestru set de l'activité ovulatoire chez les brebies chios et serres en gréce." *reproduction NutrDev* 33: 15-24.
- Avdi, M., P. Palaontas, A. Pampoukidou y M. Terqui 2000. "Determination of the sexual activity in greek goats, relationship between male effect and occurrence of oestrus." *7th International Conference on Goats*.
- Barrell, G. K., S. M. Moenter, A. Caraty y F. J. Karsch 1992. "Seasonal changes of gonadotropin-releasing hormone secretion in the ewe." *BiolReprod* 46: 1130-5.
- Batailler, M., A. Caraty, B. Malpoux y Y. Tillet 2004. "Neuroanatomical organization of gonadotropin-releasing hormone neurons during the oestrus cycle in the ewe." *BMC Neurosci* 5: 46.
- Carrillo, E., C. A. Meza-Herrera y F. G. Véliz 2010. "Estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la raza alpino-francés adaptados el subtrópico mexicano." *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1: 169-178.
- Córdova-Izquierdo, A. I., M. S. Cordova-Jiménez, C. A. Córdova.Giménez y J. E. Guerra-Liera 2008. "Procedimientos para aumentar el potencial reproductivo en ovejas y cabras." *Rev. Vet.* 19: 67-79.

- Chang-Yong, c., k. Jung-Gon, c. Sang-rae, S. Dong-Soo, K. young-Keun, S. Balasubramanian, C. Sang-Yong y R. Gyu-Jin 2006. "Influence of seasons, extenders, slow and rapid freezing on seminal characters in Korean native bucks " *Reproduction in Domestic Animals* 41: 55-60.
- Chemineau, P. y J. A. Delgadillo 1993. "Reproductive neuroendocrinology in goats " *revista Mexicana, FCV-LUZ* 3: 112-121.
- Chemineau, P., H. Morrello, J. Delgadillo y B. Malpoux 2003. "Estacionalidad reproductiva en pequeños rumiantes: Mecanismos fisiológicos y técnicas para la inducción de una actividad sexual a contra-estación " 3er Congreso ALEPRYCS: 1-18.
- Chemineau, P., A. Daveau, Y. Cognie, G. Aumont y D. Chesneau 2004. "Seasonal ovulatory activity exists in tropical creole female goats and black belly ewes subjected to a temperate photoperiod " *BMC Neurosci* 4: 4-12.
- Chemineau, P., L. Bodin, M. Migaud, J. Thiery y B. Malpoux 2010. "Neuroendocrine and genetic control of seasonal reproduction in sheep and goats." *Reproduction in Domestic Animals* 45: 42-49.
- De la Isla-Herrera, G., J. R. Aké-López, A. Ayala-Burgos y A. González-Bulnes 2010. "Effect of body condition and season of the year on estrous cycle, estrous, follicular development and ovulation rate in pelibuy ewes under tropical conditions." *Veterinaria Mexico* 41: 167-175.
- De Santiago-Miramontes, M. A., R. Rivas-Munoz, M. Munoz-Gutierrez, B. Malpoux, R. J. Scaramuzzi y J. A. Delgadillo 2008. "The ovulation rate in anoestrous female goats managed under grazing conditions and exposed to the male effect is increased by nutritional supplementation." *AnimReprodSci* 105: 409-16.
- Delcroix, I., R. Mauget y J. P. Signoret 1990. "Existence of synchronization of reproduction at the level of the social group of the European wild boar (*Sus scrofa*)." *J Reprod Fertil* 89: 613-617.
- Delgadillo, J. A., G. A. Canedo, P. Chemineau, D. Guillaume y B. Malpoux 1999. "Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico." *Theriogenology* 52: 727-37.
- Delgadillo, J. A., J. A. Flores Cabrera, F. G. Véliz Deras, G. Duarte Moreno, J. Vielma Sifuentes, P. Poindron Massot y B. Malpoux 2002a. "Control of reproduction in goats from subtropical Mexico using photoperiodic treatments and the male effect." *Veterinaria México* 34: 69-79.
- Delgadillo, J. A., J. A. Flores, F. G. Veliz, H. F. Hernandez, G. Duarte, J. Vielma, P. Poindron, P. Chemineau y B. Malpoux 2002b. "Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days." *J Anim Sci* 80: 2780-6.
- Delgadillo, J. A., G. Duarte Moreno, J. A. Flores Cabrera, B. Malpoux, P. Poindron Massot, J. Vielma Sifuentes y F. G. Véliz Deras 2003a. "Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho." *Veterinaria México* 34: 69-79.
- Delgadillo, J. A., J. A. Flores, F. G. Véliz, G. Duarte, J. Vielma, P. Poindron y B. Malpoux 2003b. "Control de la reproducción de los caprinos del

- subtrópicomexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho." *Veterinaria Mexico* 34.
- Delgadillo, J. A., M. E. Cortez, G. Duarte, P. Chemineau y B. Malpaux 2004. "Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats." *ReprodNutrDev* 44: 183-93.
- Delgadillo, J. A., J. A. Flores, F. G. Véliz, G. Duarte, J. Vielma, H. Hernandez y I. G. Fernandez 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. y L. I. Vélez 2010. "Stimulation of reproductive activity in anovulatory alpine goats exposed to bucks treated only with artificially long days." *Animal* 4: 2012-2016.
- Delgadillo, J. A., S. De La Torre-Villegas, V. Arellano-Solis, G. Duarte y B. Malpaux 2011. "Refractoriness to short and long days determines the end and onset of the breeding season in subtropical goats." *Theriogenology* 76: 1146-1151.
- Donovan, A., M. P. Boland, J. F. Roche y D. O'Callaghan 1994. "The effect of supplementary long days, a subcutaneous melatonin implant and exposure to a ram on the onset of the breeding season in ewes." *Animal reproduction science* 34: 231-240.
- Duarte, G., J. A. Flores, B. Malpaux y J. A. Delgadillo 2008. "Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability." *DomestAnimEndocrinol* 35: 362-70.
- Fabre-Nys.C. 2000. "Le comportement sexuel des caprins: Contrôle hormonal et facteurs sociaux." *Inra Prod. Anim* 13: 11-23.
- Findlay, J. K. y I. A. Cumming 1976. "Fsh in the ewe: Effects of season, live weight and plane of nutrition on plasma fsh and ovulation rate." *BIOLOGY OF REPRODUCTION* 15: 335-342.
- Gebbie, F. E., I. A. Forsyth y J. Arendt 1999. "Effects of maintaining solstice light and temperature on reproductive activity, coat growth, plasma prolactin and melatonin in goats." *J ReprodFertil* 116: 25-33.
- Gonzales-Stagnaro, C. 1993. "Reproductive performance of tropical sheep and goats." *Revista Científica, FCV-LUZ* 3: 173-196.
- Hambolu, J. O., S. A. Ojo, M. N. Jamdar y E. C. I. Molokwu 1985. "Ovarian activity of yankasa sheep using abattoir specimens." *Theriogenology* 23: 263-272.
- Hinojosa-Cuellar, J. A. y J. Oliva-Hernández 2009. "Lambing distribution by season in hair sheep and crosses under a humid tropical environment." *Revista Científica, FCV-LUZ* XIX: 288-294.
- Jackson, G. L., M. Gibson y D. Kuehl 1988. "Photoperiodic disruption of photorefractoriness in the ewe." *BIOLOGY OF REPRODUCTION* 38: 127-134.
- L., Á. R. y Z. Q. L.A. 2000. "Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras." *Veterinaria México* 32: 117-129.
- Lincoln, G. A. 1992. "Photoperiod-pineal-hypothalamic relay in sheep." *Animal reproduction science* 28: 203-217.
- Malpaux, B., S. M. Moenter, N. L. Wayne, C. J. Woodfill y F. J. Karsch 1988. "Reproductive refractoriness of the ewe to inhibitory photoperiod is not

- caused by alteration of the circadian secretion of melatonin." *Neuroendocrinology* 48: 264-70.
- Malpoux, B., A. Daveau, F. Maurice, A. Locatelli y J. C. Thiery 1994. "Evidence that melatonin binding sites in the pars tuberalis do not mediate the photoperiodic actions of melatonin on lh and prolactin secretion in ewes." *J ReprodFertil* 101: 625-32.
- Malpoux, B., C. Viguie, D. C. Skinner, J. C. Thiery y P. Chemineau 1997. "Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe." *Brain Res Bull* 44: 431-8.
- Malpoux, B., M. Migaud, H. Tricoire y P. Chemineau 2001. "Biology of mammalian photoperiodism and the critical role of the pineal gland and melatonin." *J BiolRhythms* 16: 336-47.
- Mascarenhas, R., M. Fresno, A. Milena, M. Avdi y M. Terqui 2006. "Seasonal variation in the sexual activity of goats of local breeds from south europe." *RevistaElectrónica de Veterinaria* 4: 1-7.
- McClintock, M. K. 1971. "Menstrual synchrony and suppression." *Nature* 229: 244-245.
- O'callaghan, D., A. Donovan, S. J. Sunderland, M. P. Boland y J. F. Roche 1994. "Effect of the presence of male and female flockmates on reproductive activity in ewes." *Journal of Reproduction and Fertility* 100: 497-503.
- Porrás-Almeraya, A., L. A. Zarco-Quintero y J. Valencia-Méndez 2003. "Estacionalidad reproductiva en ovejas." *CIENCIA VETERINARIA* 9: 1-34.
- Restall, B. J., H. Restall y S. W. Walkden-Brown 1995. "The induction of ovulation in anovulatory goats by oestrous females." *Animal reproductionscience* 40: 299-303.
- Rivera-Lozano, M. T., M. O. Díaz-Gomez, J. Urrutia-Morales, H. Vera-Ávila, H. Gomez-Vázquez, E. Villagomez-Amezcuca, C. F. Aréchiga-Flores y F. G. Escobar-Medina 2011. "Seasonal variation in ovulatory activity of nubian, alpine and nubian x criollo does under tropical photoperiod (22°n)." *Tropical and SubtropicalAgroecosystems* 14: 973-980.
- Rosa, H. J. D. y M. J. Bryan 2002. "The "Ram effect" As a way of modifying the reproductive activity in the ewe " *Small Ruminant Research* 45: 1-16.
- Rosales-Nieto, C. A., J. Urrutia-Morales, H. Gámez-Vázquez, M. O. Díaz-Gomez y B. M. Ramírez-Andrade 2006. "The influence of feeding level on the reproductive activity of mexican native goats during the reproductive season " *TécnicaPecuaria en México* 44: 399-406.
- Sawyer, G. 1979. "The influence of radiant heat load on reproduction in the merino ewe. li. The relative effects of heating before and after insemination." *Australian Journal of Agricultural Research* 30: 1143-1149.
- Sawyer, G., D. Lindsay y G. Martin 1979. "The influence of radiant heat load on reproduction in the merino ewe. lii.* duration of oestrus, cyclical oestrous activity, plasma progesterone, lh levels and fertility of ewes exposed to high temperatures before mating." *Australian Journal of Agricultural Research* 30: 1151-1162.
- Stern, K. y M. K. McClintock 1998. "Regulation of ovulation by human pheromones." *Nature* 392: 177-179.

- Thiery, J. C., D. Lomet, M. Schumacher, P. Liere, H. Tricoire, A. Locatelli, P. Delagrangre y B. Malpoux 2006. "Concentrations of estradiol in ewe cerebrospinal fluid are modulated by photoperiod through pineal-dependent mechanisms." *J Pineal Res* 41: 306-12.
- Thiery, J. C., D. Lomet, S. Bougoïn y B. Malpoux 2009. "Turnover rate of cerebrospinal fluid in female sheep: Changes related to different light-dark cycles." *Cerebrospinal Fluid Res* 6: 9.
- Thomas, G. B., J. E. Mercer, T. Karalis, A. Rao, J. T. Cimmins y I. J. Clarke 1990. "Effect of restricted feeding on the concentrations of growth hormone (gh), gonadotropins, and prolactin (prl) in plasma, and on the amounts of messenger ribonucleic acid for gh, gonadotropin subunits, and prl in the pituitary glands of adult ovariectomized ewes." *Endocrinology* 126: 1361-1367.
- Thwaites, C. J. 1965. "Photoperiodic control of breeding activity in the southdown ewe with particular reference to the effects of an equatorial light regime." *The Journal of Agricultural Science* 65: 57-64.
- Tricoire, H., A. Locatelli, P. Chemineau y B. Malpoux 2002. "Melatonin enters the cerebrospinal fluid through the pineal recess." *Endocrinology* 143: 84-90.
- Tricoire, H., M. Moller, P. Chemineau y B. Malpoux 2003. "Origin of cerebrospinal fluid melatonin and possible function in the integration of photoperiod." *ReprodSuppl* 61: 311-21.
- Tyrrell, R. N., B. G. Starr, B. J. Restall y J. B. Donnelly 1980. "Repeatability of lh responses by lambs to monthly challenge with synthetic gonadotrophin releasing hormone (gnrh)." *Animal reproduction science* 3: 155-160.
- Véliz, F. G., P. Poindron, B. Malpoux y J. A. Delgadillo 2006. "Maintaining contact with bucks does not induce refractoriness to the male effect in seasonally anestrus female goats " *Animal Reproduction Science* 92: 300-309.
- Walkden-Brown, S. W., B. J. Restall y Henniawati 1993a. "The male effect in the australian cashmere goat.1. Ovarian and behavioural response of seasonally anovulatory does following the introduction of bucks." *Animal reproduction science* 32: 41-53.
- Walkden-Brown, S. W., B. J. Restall y Henniawati 1993b. "The male effect in the australian cashmere goat.3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females." *Animal reproduction science* 32: 69-84.
- Walkden-Brown, S. W., B. J. Restall y Henniawati 1993c. "The male effect in the australian cashmere goat.2. Role of olfactory cues from the male." *Animal reproduction science* 32: 55-67.
- Walkden-Brown, S. W., B. J. Restall, B. W. Norton y R. Scaramuzzi, J 1994. "The "Female effect" In australian cashmere goats: Effect of season and quality of diet on the lh and testosterone response of bucks to oestrous does " *Journal of Reproduction and Fertility* 100: 521-531.
- Walkden-Brown, S. W., G. B. Martin y B. J. Réstall 1999. "Role of male-female interpretation in regulating reproduction in sheep and goats." *Journal of Reproduction and Fertility* 52: 243-257.
- Wright, I. A., S. M. Rhind, A. J. Smith y T. K. White 1994. "Female-female influences on the duration of the post-partum anoestrous period in beef cows." *Anim Prod* 59: 49-53.

- Zarazaga, L. A., I. Celi, J. L. Guzman y B. Malpoux "The response of luteinizing hormone secretion to photoperiod is modified by the level of nutrition in female mediterranean goats." *AnimReprodSci* 126: 83-90.
- Zarazaga, L. A., I. Celi, J. L. Guzman y B. Malpoux "The effect of nutrition on the neural mechanisms potentially involved in melatonin-stimulated lh secretion in female mediterranean goats." *J Endocrinol* 211: 263-72.
- Zarazaga, L. A., J. L. Guzmán, C. Dominguez, M. C. Pérez, R. Prieto y J. Sánchez 2008. "Nutrition level and season of birth do not modify puerty of payoya goat kids." *Animal* 3: 79-86.
- Zarco, L., E. F. Rodríguez, M. R. B. Angulo y J. Valencia 1995. "Female to female stimulation of ovarian activity in the ewe." *Animal reproduction science* 39: 251-258.

IV. ARTÍCULO

THE "FEMALE EFFECT" POSITIVELY EXTENDS THE REPRODUCTIVE SEASON OF ALPINE MALE GOATS UNDER SUBTROPICAL CONDITIONS

P.A. Robles-Trillo¹, A. Olán-Sánchez¹, C.A. Meza-Herrera^{2,*}, E. Carrillo³, C. Leyva¹,
R. Luna-Orozco⁴, R. Rodríguez-Martínez¹, F.G. Véliz¹

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y
Carretera a Santa Fe, C.P. 27054, Torreón, Coahuila, México

² Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas,
Bermejillo, Durango, México

³ Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón, Coahuila, México

⁴ Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario, No. 1, Torreon, Coahuila, Mexico.

Abstract

The aim of this study was evaluate the possible action of the "female effect" by evaluating if exposure to estrogenised females would extend the reproductive season of Alpine male goats in northern Mexico (26° N). In January, two experimental groups were formed: i). treated males (MH; n=8) were kept in a pen aside to another pen with four estrogenised females; pens were separated with a metal mesh, and ii). control males (GC; N=8) which had no contact with any female during the same period. At the end of the study, a sexual behaviour test was performed by exposing males from both groups to estrogenised females. Besides, plasmatic concentrations of testosterone were quantified in every male on days 0, 28 and 35. On d-0 the plasmatic levels of testosterone were similar in both groups (217 ± 86 vs. 320 ± 89 ng dL⁻¹; MH and GC respectively, $P>0.05$). However, on d-28, plasmatic testosterone levels favoured to the MH group (164 ± 56 vs. 49 ± 18 ng dL⁻¹; $P=0.06$). In addition, the MH-males displayed an increased sexual behaviour when considering ano-genital sniffing, mounting attempts, and mounts number than the GC (total average 48 ± 28 vs. 24 ± 19 , MH and GC respectively, $P<0.01$). Results obtained confirm a positive action of the "female effect" upon behavioural, reproductive and endocrinological outcomes, while extending the breeding season of Alpine male goats. Results should be relevant in the design of clean, green and ethical reproductive management strategies in goat production systems and potentially important to the animal industry.

Keywords: goats, seasonal reproduction, female effect, Alpine bucks, sexual behaviour.

The length of the reproductive season of goats can be affected by several factors, such as breed, latitude, photoperiod and nourishment among others (Ibrahim 1997; Zamiri and Haidari 2006; Meza-Herrera 2012; Meza-Herrera and Tena-Sempere 2012). The seasonal reproductive pattern of goats has been studied in different breeds and geographical locations (Ahmed et al. 1997; Al-Ghalban et al. 2004; Chemineau et al. 1992). Nevertheless, information available related to the length of the reproductive season either in females and males is scarce, and in most cases only few

variables are taken into consideration, predominantly breed. Certainly, just few studies have considered the effect of another environmental variable that may affect the yearly cycle of reproductive activity such as socio sexual cues. Actually, in goats, more reports have been generated in temperate latitudes ($>35^{\circ}$ North or South), while under subtropical latitudes (25 to 35° North or South) such information is really scarce (Delgadillo 2005; Gonzalez-Bulnes et al. 2011).

In male goats, sexual behaviour depends upon testosterone production, which decreases during spring and summer, pointing out to the paramount influence that photoperiod exerts upon such testosterone release, even under subtropical conditions (Delgadillo 2005). Recently, Carrillo et al. (2010) proved that Alpine male goats raised in an intensive system with an accurate nutrition level and exposed to natural variations in photoperiod observed in northern Mexico (26° N), they depicted a decreased sexual activity period from January to July, with significant decreases in spermatic quality, libido and testicular weight. On the other hand, the presence of oestrus females can influence the sexual activity of male goats; a socio-sexual cue known as the "female effect". Certainly, under temperate conditions, either in Australian Cashmere buck (Walkden-Brown et al. 1994) or in Île-de-France rams (Schanbacher et al. 1987; Gonzalez et al. 1991a, b), exposure to oestrus females increased not only the serum levels of LH and testosterone but also the sexual behaviour during the non-breeding season. Nevertheless, the impact of this so-called "female effect" upon highly seasonal genotypes such as Alpine bucks and under the subtropical conditions of northern Mexico remain unknown. The purpose of this study was to determine if the reproductive season of the Alpine male goats in northern Mexico can be extended by exposing them to oestrogenised goats.

Material and methods

Location, animals and handling. The experiment was carried-out in the Comarca Lagunera located in northern Mexico ($26^{\circ} 23'$ NL and $104^{\circ} 47'$ WL), with an annual precipitation rate of 230 mm, distributed in an erratic fashion throughout the year, although more frequent during the summer and autumn seasons. The maximum average temperature is of 41° C during May and June, while the lowest (-3° C) occurs in December and January. Relative humidity varies between 26.1% and 60.6%, with a range in the photoperiod from 13 h 41 min during the summer solstice (June) to 10 h 19 min during the winter solstice (December). Alpine adult goat males ($n=16$, 2-4 years old) were subjected to the natural variations of photoperiod in an intensive production system. All the animals received free access to alfalfa hay (17% CP, 1.95 Mcal ME), 200 g animal day⁻¹ of a commercial concentrate (14% de CP, 1.7 Mcal ME) while trace minerals were provided in a 25 kg block with no less than 17% P, 3% Mg, 5% Ca, 5% Na and 75% NaCl, with free access to fresh water throughout the experimental period which lasted from January 11 to February 14.

On January 11, a group of males (MH; $n=8$) was placed during four weeks in a 5 x 5 m open pen, aside to another pen (5 x 4 m) with four estrogenised females which were kept apart from males with the use of chain link mesh, yet visual and olfactory contact was allowed. Furthermore, females were introduced into the male's pen, one hour daily, and males were covered with an apron to prevent them from engaging intercourse. On day -3, females were treated with one dose of 20 mg of progesterone in order to promote an increased response to the estradiol treatment as well as to produce a faster oestrus behaviour. Females received 2 mg i.m. of estradiolcyprionate beginning on day -2 and finishing by the end of the study. The control group of males (GC; $n=8$) was kept in a 5 x 5 m pen with neither olfactory nor visual contact with females which were placed 200 m apart.

Registered Variables. Three days after the end of the experimental period, on days 31, 32 & 33, a sexual behaviour test was conducted; males from both experimental groups were exposed to two

estrogenised females during 15 min. Measured variables were those related to sexual behaviour and considered ano-genital sniffing, mounting attempts, mounts and male-female aggressions; males of both groups were exposed, in pairs to the estrogenised females (Rivas-Muñoz et al. 2010). Halfway through the test, females were replaced with another pair of estrogenised females. Body condition score and body weight were determined every two weeks throughout the experimental period. Regarding body condition score, the determination methodology was that outlined by Walkden-Brown et al. (1993). Briefly, the muscle mass in the animal was measured at the lumbar region, and the value was based in a 1 to 4 points scale (1=very thin, 4=very fat). Scrotal circumference was determined in the widest part of both testicles, using a measuring metric tape graduated in millimetres; all measures were performed by an experienced technician. Odour intensity was determined through the technique described by Walkden-Brown et al. (1993). Briefly, the area behind the base of the horns was smelled from a distance of 15 cm; the odour evaluated at such distance has a positive correlation ($r=0.71$) with plasmatic testosterone concentrations, which is responsible of male sexual activity. This method, considers a 0 to 3 point scale, where 0=neutral odour of female or castrated males up to 3=an intense sexual odour; 1 and 2 runs from light to moderate, respectively. Blood samples (10ml) were collected on days 0, 28 and 35 by jugular venipuncture into sterile vacuum tubes (Corvac Kendall Health Care, St. Louis, MO, USA) and allowed to clot at room temperature during 30 min. Serum was separated by centrifugation (1500 g x 15 min), decanted and transferred to polypropylene micro tubes (Axygen Scientific, Union City, CA, USA) and stored at -20°C until hormonal analysis. Peripheral serum testosterone concentrations were determined in duplicate in a single solid phase radioimmunoassay, using a commercial package (Coat-A-Count Diagnostics Products Co., EUA), following the manufacturer's instructions. The value of the inter-assay coefficient of variation (CV) for testosterone quantification was of 8.9%, the intra-assay CV was of 11.6%, with a detection limit of 0.013 ng dL^{-1} .

Statistical Analyses. Frequency differences of sexual behaviour in Alpine males from both experimental groups were analyzed using a chi-square, with a binomial test and an expected theoretical probability of 0.5. Data regarding scrotal circumference, body weight, body condition,

odour score and plasmatic testosterone were submitted to a variance analysis of two factors (group and time). In the case of a group x time interaction, data were compared with the student "t" test. In addition, odour intensity data were analyzed using the Mann-Whitney U test. All the statistical analyses were performed with the statistical package SYSTAT 10.

Results

Analyses of variance did not reveal any effect of group, time and group x time interaction effect upon body condition ($P>0.05$; Fig. 1). Average body condition for MH and GC was 1.6 ± 0.1 and 1.7 ± 0.1 , respectively. Scrotal circumference had an overall average of 23.1 ± 0.8 cm (Fig. 1) and was only affected by time ($P<0.01$). Odour score was affected by experimental group ($P<0.05$; Fig. 2), time ($P<0.001$) and the group x time interaction ($P<0.01$; Fig. 2). Certainly, odour score was higher in the MH on days 21 and 28 of the experimental period (Fig. 1; $P<0.05$). With respect to the sexual behaviour, the best reproductive performance was depicted by the MH group when considering the ano-genital sniffing, mounting attempts, and mounts number, with a total average for such behaviours of $48\%\pm 28$ vs. $24\%\pm 19$ (Fig. 3; $P<0.01$). On the other hand, while plasmatic levels of testosterone were not affected by experimental group, an effect of time and the group x time interaction affected this variable ($P<0.05$). Certainly, the MH showed higher plasmatic values of testosterone on day 28 (Fig. 4). Nevertheless, after the sexual behaviour test, plasmatic testosterone concentration decreased in the MH group, with a correspondent increase in the GC-males (42.6 ± 14 vs. 252 ± 63 ng dL⁻¹, $P<0.05$; Fig. 4).

Discussion

Results of this study confirm that the presence of oestrus females, the so-called "female effect", exerts a positive influence upon reproductive and sexual outcomes of Alpine male goats, by extending their reproductive season in northern Mexico. Certainly, the contact with estrogenised

females delayed the end of the reproductive season of Alpine bucks under subtropical conditions. In addition, the sexual behaviour, considering the ano-genital sniffing and mount attempts were higher in those males facing the female effect. Also, plasmatic testosterone concentrations on d-28 of the experimental period as well as the male-female aggression pattern increased in the female-treated bucks. It is important to highlight that such reproductive, endocrinological and sexual responses were promoted in the Alpine breed, a genotype which typically displays a high reproductive seasonality or a significant reproductive arrest period even under subtropical conditions. Certainly, such results in Alpine male goats were obtained during a season of the year commonly defined as photo-inhibitory of reproductive function because of the observed photoperiod at this latitude (26°N).

In this study, the increased sexual activity shown by those males exposed to the female effect was probably promoted because of an increase in the secretion of both LH and testosterone, which generated in turn, an increase in the reproductive and sexual performance observed in the treated Alpine males (Meza-Herrera and Tena-Sempere, 2012). On this respect, in Australian Cashmere male goats briefly exposed to oestrus females during the natural sexual resting period, an increased pattern in the secretion of both LH and testosterone was observed (Walkden-Brown et al. 1994). Nevertheless, in our study, the plasmatic testosterone levels of the treated males decreased by half on d-28, before the onset of sexual behaviour tests, and reached basal levels by day 35, once sexual behaviour test were performed. The last was probably due to: i) the males became refractory to the stimuli generated by oestrus females and/or ii) the males were facing a deep sexual resting period, and under such conditions, the inhibitory reproductive effect generated by the increased photoperiod seems to be enough to abolish any rise in the libido of males, vanishing any possible influence from the female effect.

On this respect, the contact of males with oestrus females halfway through the sexual resting period, when the effect of the photoperiod is significantly inhibitory of sexual activity, there were observed no increases neither on sexual behaviour nor serum testosterone levels, even in adequately fed males subjected to such inhibitory photoperiod (Walkden-Brown et al. 1994; Véliz et al. 2002). In contrast, exposure of oestrus females to males during the reproductive resting season, increased the frequency of LH pulses, observing that both visual and audiovisual signals were less effective than the stimuli of the animal's presence *per se*, suggesting that both visual and audiovisual cues are of reduced importance regarding olfactory signals (Hawken et al. 2009).

Under temperate conditions, photoperiod is the most important environmental regulator of seasonal reproduction. However, in small ruminants from northern latitudes yet transferred to subtropical conditions, as is the case for our study, it seems that besides photoperiod, other environmental signals, such as nutrition or socio-sexual, may also play a paramount role as modulators of reproductive activity (Walkden-Brown et al. 1993, 1994; Meza-Herrera et al. 2011; Meza-Herrera et al. 2013a,b). Certainly, under such environmental subtropical conditions, animals may be less sensitive to the prevailing photoperiod and could be positively affected by some socio-sexual signals, particularly by the female effect during the transition stage from the reproductive season to the sexual resting season. The last scenario may probably generated a lengthening in the activation of the hypothalamic-hypophyseal-gonadal axis in those Alpine male goats exposed to the female effect, allowing in this way, a positive influence of this socio-sexual cue upon the reproductive outcomes observed in the treated males.

In conclusion, results of this study confirm that exposure of oestrogenised females to Alpine male goats improved key physiological responses, not only at behavioural level but also regarding reproductive and endocrinological outcomes. Consequently, the female effect, emerges as an important socio-

sexual cue modulating the reproductive function in Alpine male goats under subtropical conditions. Such findings are therefore important in the design of clean, green and ethical reproductive management strategies and potentially attractive to the animal industry.

References

Ahmed M.M.M., Makawi S.A., Gadir A.A. (1997). Reproductive performance of Saanen bucks under tropical climate. *Small Rumin. Res.*, 26: 151-155.

Al-Ghalban A.M., Tabaa M.J., Kridli R.T. (2004). Factors affecting semen characteristics and scrotal circumference in Damascus bucks. *Small Rumin. Res.*, 53: 141-149.

Carrillo E., Meza-Herrera C.A., Véliz F.G. (2010). [Reproductive seasonality of Alpine male goats adapted to subtropics in Mexico]. *Rev. Mex. Cien. Pec.*, 1: 169-178.

Chemineau P., Daveau A., Maurice F., Delgadillo J.A. (1992). Seasonality of oestrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin. Res.*, 8: 299-312.

Delgadillo J.A. (2005). *Inseminación artificial en caprinos*. México: Editorial Trillas.

Gonzalez R., Levy F., Orgeur P., Poindron P., Signoret J.P. (1991a). Female effect in sheep. II. Role of volatile substances from the sexually receptive female; implication of the sense of smell. *Reprod. Nutr. Dev.*, 31: 103-109.

Gonzalez R., Orgeur P., Poindron P., Signoret J.P. (1991b). Female effect in sheep I. The effects of sexual receptivity of females and the sexual experience of rams. *Reprod. Nutr. Dev.*, 31: 97-102.

Gonzalez-Bulnes A., Meza-Herrera C.A., Rekik M., Ben Salem H., Kridli R.T. (2011). Limiting factors and strategies for improving reproductive outputs of small ruminants reared in semi-arid

environments. In: *Semi-arid environments: Agriculture, water supply and vegetation*. Ed: K.M. Degenovine. Nova Science Publishers Inc. Hauppauge, NY, USA., Chapter 2, p. 41-60.

Hawken P.A., Esmaili T., Scanlan V., Blache D., Martin G.B. (2009). Can audio-visual stimuli from a prospective mate stimulate a reproductive neuroendocrine response in sheep?. *Animal*, 3(5): 690-696.

Ibrahim S.A. (1997). Seasonal variations in semen quality of local and crossbred rams raised in the United Arab Emirates. *Anim. Reprod. Sci.*, 49: 161-167.

Meza-Herrera C.A., Torres-Moreno M., Lopez-Medrano J.I., Gonzalez-Bulnes A., Veliz F.G, Mellado M., Wurzinger M., Soto-Sanchez M.J., Calderon-Leyva M.G. 2011. Glutamate supply positively affects serum release of triiodothyronine and insulin across time without increases of glucose during the onset of puberty in the female goat. *Anim. Reprod. Sci.* 125(1-4):74-80.

Meza-Herrera C.A. (2012). Puberty, kisspeptin and glutamate: a ceaseless golden braid. In: *Advances in Medicine and Biology*, [ed. Berhardt L.V.]. Nova Science Publishers Inc., Hauppauge, NY, USA. 52:97-124.

Meza-Herrera C.A., Tena-Sempere M. (2012). Interface between nutrition and reproduction: the very basis of production. In: *Animal Reproduction in Livestock*. [eds. S. Astiz, A. Gonzalez-Bulnes]. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), under the auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK, [<http://www.eolss.net>].

Meza-Herrera C.A., Vargas-Beltrán F., Tena-Sempere M., Gonzalez-Bulnes A., Macias-Cruz U., Veliz-Deras F.G. (2013a). Short-term betacarotene supplementation positively affects ovarian activity and serum insulin concentrations in a goat model. *J. Endocrinol. Invest.*, 36(3): 185-189.

- Meza-Herrera C.A., Vargas-Beltrán F., Vergara-Hernandez H., Macias-Cruz U., Avendaño-Reyes L., Rodriguez-Martinez R., Arellano-Rodriguez G., Veliz-Deras F.G. (2013b). Betacarotene supplementation increases ovulation rate without an increment in LH secretion in cyclic goats. *Reprod. Biol.* 13(3):51-57.
- Rivas-Muñoz R., Carrillo E., Rodriguez-Martinez R., Leyva C., Mellado M., Véliz F.G. (2010). Effect of body condition score of does and use of bucks subjected to added artificial light on oestrus response of Alpine goats. *Trop Anim. Health Prod.*, 42(6): 1285-1289.
- Schanbacher B.D., Orgeur P., Pelletier J., Signoret J.P. (1987). Behavioral and hormonal responses of sexually experienced Ile-de-France rams to oestrous females. *AnimReprod. Sci.*, 14: 293-300.
- Véliz F.G., Moreno S., Duarte G., Vielma J., Chemineau P., Poindron P., Malpoux B., Delgadillo J.A. (2002). Male effect in seasonally anovulatory lactating goats depends on the presence of sexually active bucks, but not oestrous females. *Anim. Reprod. Sci.*, 72(3-4): 197-207.
- Walkden-Brown S.W., Restall B.J., Henniawati. (1993). The male effect in the Australian cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous females. *Anim. Reprod. Sci.*, 32: 69-84.
- Walkden-Brown S.W., Restall B.J., Norton B.W., Scaramuzzi, R. (1994). "The "Female effect" In Australian cashmere goats: Effect of season and quality of diet on the LH and testosterone response of bucks to oestrous does. *J. Reprod. Fertil.*, 100: 521-531.
- Zamiri M.J., Haidari A.H. (2006). Reproductive characteristics of Rayini male goats of Kerman province in Iran. *Anim. Reprod. Sci.*, 96: 176-185.

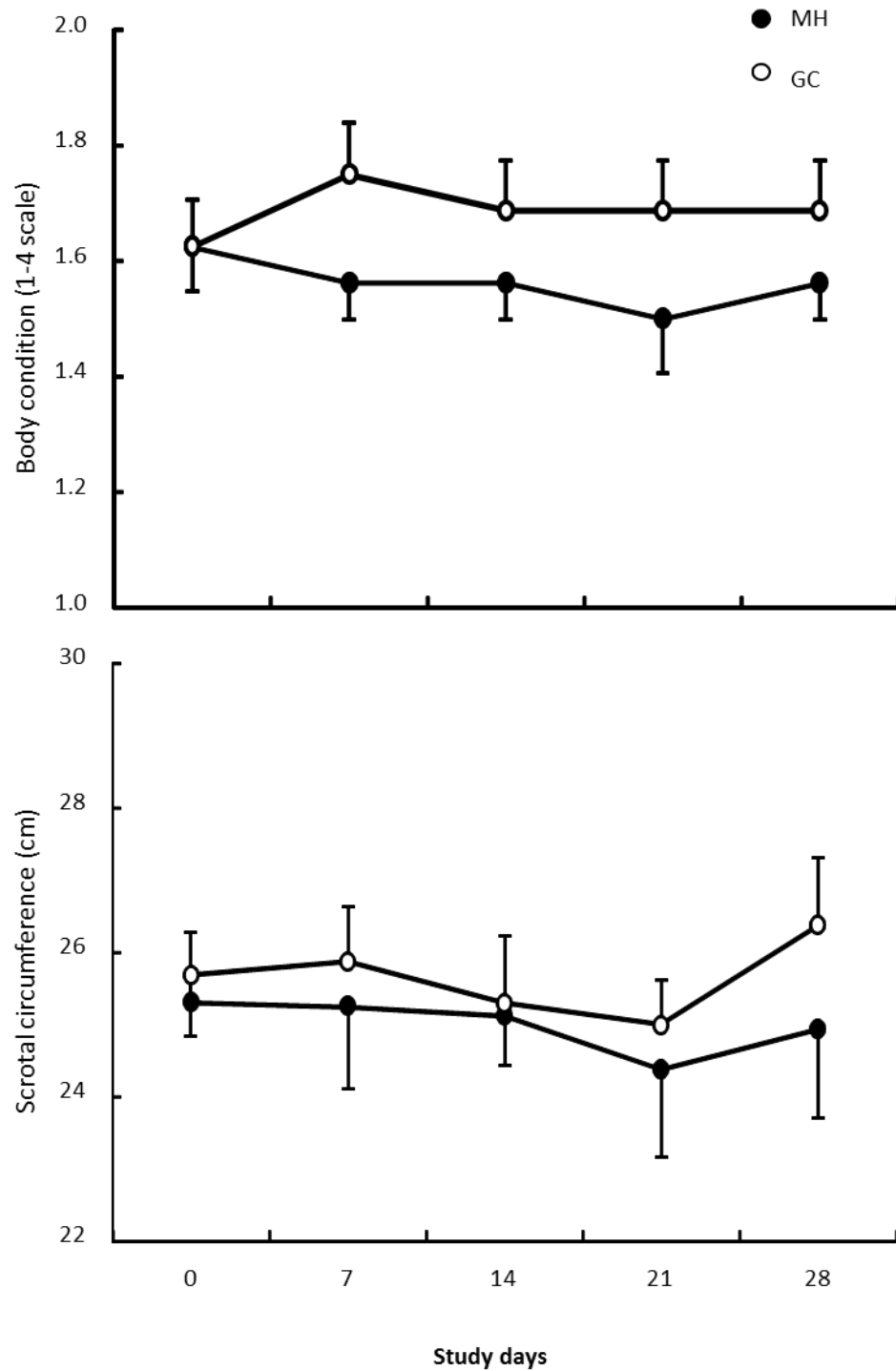


Figure. 1. Body condition and scrotal circumference of Alpine male goats exposed to estrogenised females (black circles) or control Alpine goats males without contact with females (white circles) at the end of sexual activity season in northern Mexico (26° N)

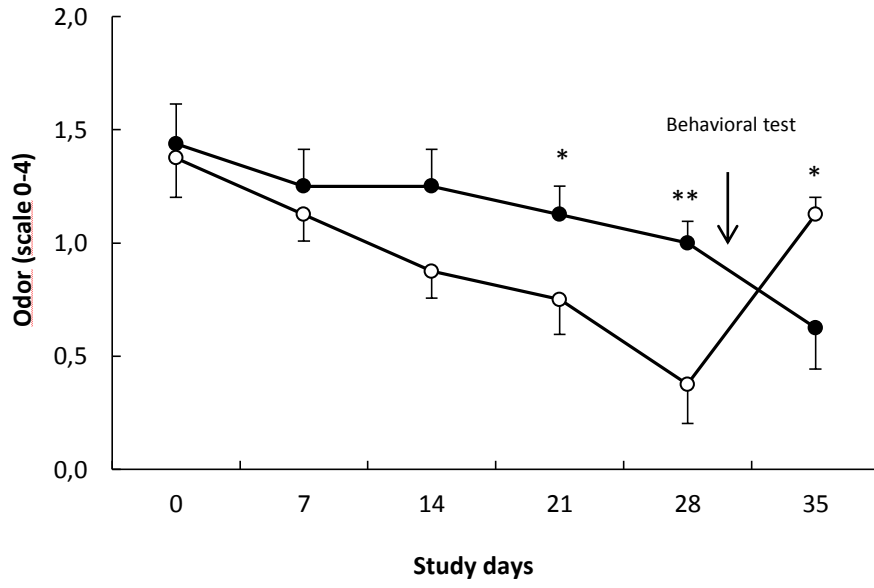


Figure 2. Odour score of Alpine male goats exposed to estrogenised females (black circles) or control Alpine goats males without contact with females (white circles) at the end of sexual activity season in northern Mexico (26° N)

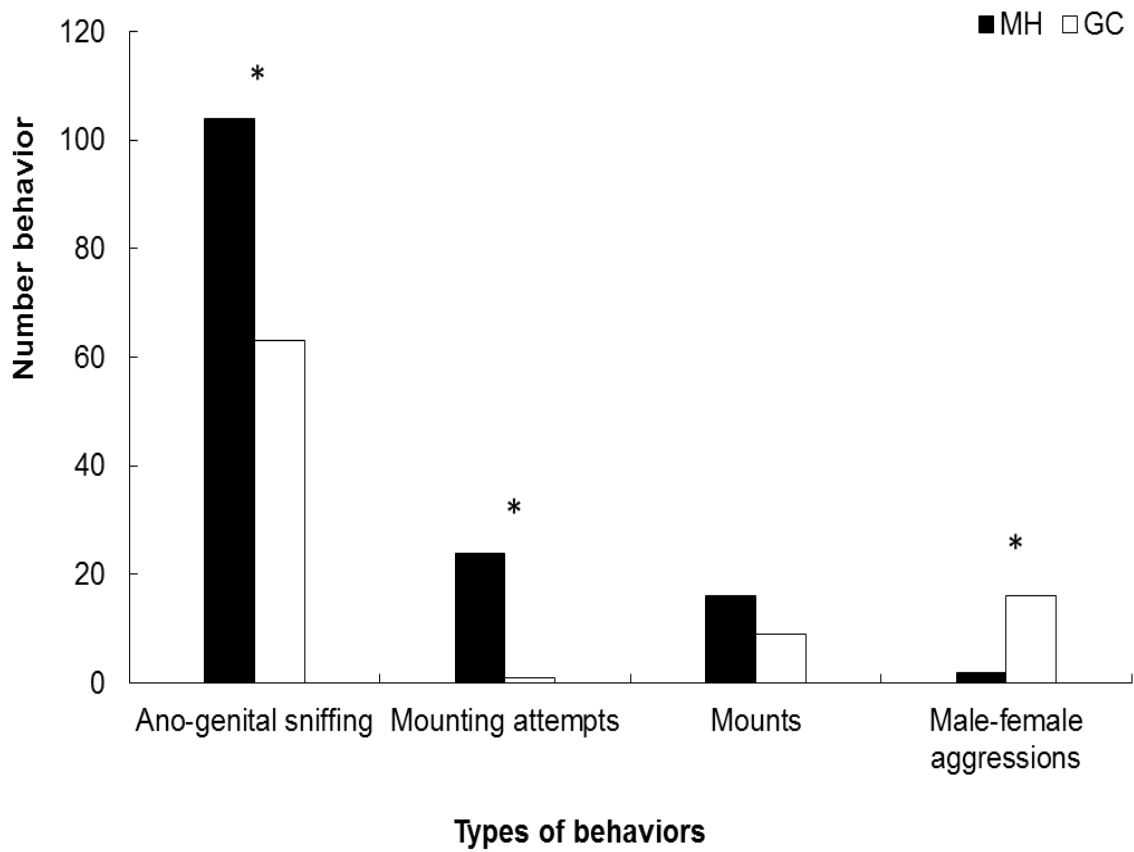


Figure 3. Sexual behavior of Alpine male goats exposed to estrogenised females (black circles) or control Alpine goats males without contact with females (white circles) at the end of sexual activity season in northern Mexico (26° N)

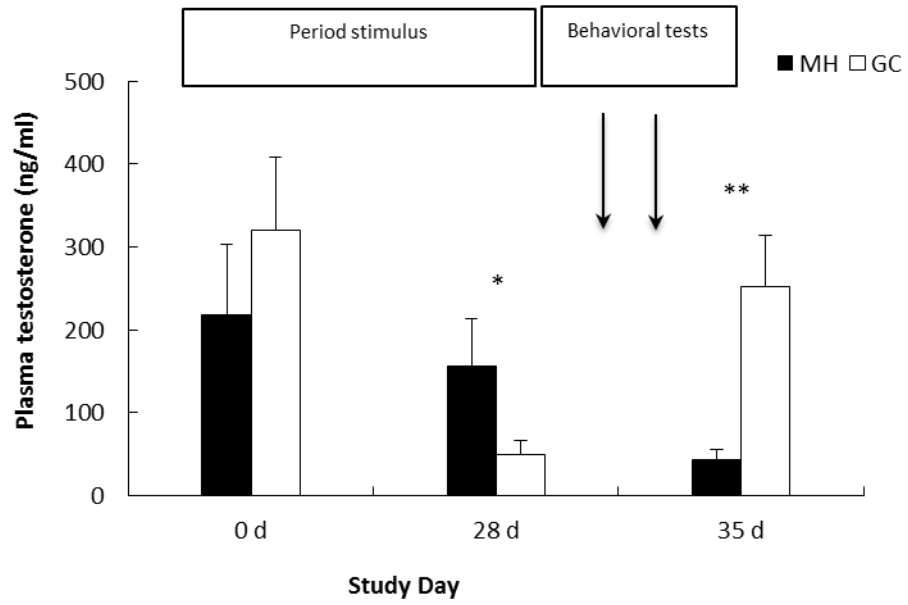


Figure 4. Plasma testosterone levels of Alpine male goats exposed to estrogenised females (black circles) or control Alpine goats males without contact with females (white circles) at the end of sexual activity season in northern Mexico (26° N)