

Los machos cabríos subalimentados que reciben un complemento alimenticio a partir del final del tratamiento de días largos, mejoran su respuesta sexual, así como su habilidad para estimular la actividad ovulatoria de las hembras anéstricas

Sergio Secundino Méndez

Tesis

Presentada como requisito parcial para
Obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS



Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Unidad Laguna
Subdirección de Postgrado

Torreón, Coahuila, México

Noviembre de 2012

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Unidad Lagunera
Subdirección de Postgrado

Los machos cabríos subalimentados que reciben un complemento alimenticio al final del tratamiento de días largos mejoran su respuesta sexual, así como su habilidad para estimular la actividad ovulatoria de las hembras anéstricas

Tesis

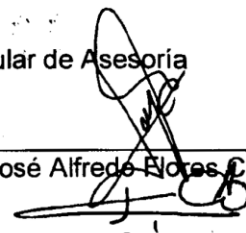
Sergio Secundino Méndez

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Comité Particular de Asesoría

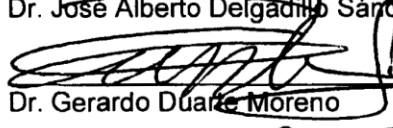
Asesor principal:


Dr. José Alfredo Flores Cabrera

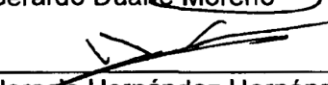
Asesor:


Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

Asesor:

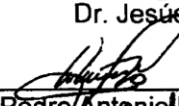

Dr. Gerardo Duarte Moreno


Asesor:


Dr. Horacio Hernández Hernández

Asesor:


Dr. Jesús Vielma Sifuentes


Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del Departamento de Postgrado


Dr. Fernando Ruiz Zárate
Subdirector de Postgrado

Torreón, Coahuila, México

Noviembre de 2013.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	1
COMPENDIO.....	2
INTRODUCCIÓN.....	10
REVISIÓN DE LITERATURA	13
1 Estacionalidad reproductiva de hembras y machos caprinos	13
2 Inducción de la actividad sexual de los machos a través de tratamientos fotoperiódicos.....	14
3 Uso del efecto macho para estimular la actividad reproductiva de las hembras anéstricas.....	16
3.1 Respuestas endocrina, sexual y de comportamiento de las hembras estimuladas mediante el efecto macho	17
4 Factores que influyen en la respuesta de las hembras sometidas al efecto macho	19
4.1 Comportamiento sexual de los machos	19
4.2 Influencia de la alimentación sobre la actividad reproductiva de los caprinos y ovinos	21
OBJETIVO	24
HIPÓTESIS.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS	25
1 Localización del estudio.....	25
2 Animales experimentales.....	25
2.1 Machos.....	25
2.2 Hembras.....	26
3 Efecto macho.....	27
4. Variables determinadas	27
4.1 Machos	27

4.1.1	Peso corporal	27
4.1.2	Condición corporal	28
4.1.3	Circunferencia escrotal.....	28
4.1.4	Intensidad del olor	28
4.1.5	Concentraciones plasmáticas de testosterona	29
4.1.6	Comportamiento sexual de los machos.....	29
4.2	Respuesta ovulatoria de las hembras al efecto macho	30
4.2.1	Porcentaje de hembras que ovulan	30
4.2.2	Tasa ovulatoria	30
5	Análisis de datos.....	30
5.1	Machos	30
5.1.1	El peso corporal, la circunferencia escrotal y las concentraciones plasmáticas de testosterona.....	30
5.1.2	Condición corporal e intensidad de olor	31
5.1.3	Comportamiento sexual de los machos.....	31
5.2	Hembras	31
5.2.1	Porcentaje de hembras que ovularon.....	31
5.2.2	Tasa ovulatoria	31
	RESULTADOS	32
1	Respuesta de los machos al tratamiento fotoperiódico	32
1.2	Peso corporal	32
1.2	Condición corporal	32
1.3	Circunferencia escrotal.....	35
1.4	Intensidad de olor.....	35
1.5	Concentraciones plasmáticas de testosterona	38
1.6	Comportamiento sexual de los machos	38
2	Respuesta de las hembras al efecto macho	42
2.1	Porcentaje de hembras que ovularon.....	42
2.2	Tasa ovulatoria	43
	DISCUSIÓN.....	44
	CONCLUSIONES	47

LITERATURA CITADA 48

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Evolución del peso corporal promedio durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados, subalimentados y complementados. El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero al 15 de mayo. **28**
- Figura 2.** Evolución de la condición corporal promedio durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados, subalimentados y complementados. El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero al 15 de mayo. **29**
- Figura 3.** Variaciones promedio de la circunferencia escrotal durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados, subalimentados y complementados. El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero al 15 de mayo. **31**
- Figura 4.** Variaciones promedio de la intensidad de olor durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados, subalimentados y complementados. El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero hasta el 15 de mayo. **32**
- Figura 5.** Evolución de las concentraciones de testosterona promedio durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados, subalimentados y complementados. El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero al 15 de mayo. **34**
- Figura 6.** Comportamiento sexual de los machos bien alimentados, subalimentados y complementados. Las observaciones se realizaron durante 1 hora diaria los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con las hembras. **35**
- FIGURA 7.** Respuesta de la actividad ovulatoria al día 6 y 18 de las hembras sometidas al efecto macho utilizando machos bien alimentados, machos complementados y machos subalimentados. **36**
- FIGURA 8.** Tasa ovulatoria de las hembras al día 6 y 18 después de ser puestas en contacto con machos bien alimentados, machos complementados y machos subalimentados. **37**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Condición corporal de los tres grupos de machos al inicio y final del tratamiento fotoperiódico y al momento de ser expuestos a las hembras caprinas anovulatorias.

COMPENDIO

Los machos cabríos subalimentados que reciben un complemento alimenticio al final del tratamiento de días largos mejoran su respuesta sexual, así como su habilidad para estimular la actividad ovulatoria de las hembras anéstricas

Sergio Secundino Méndez

Tesis

Presentada como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Asesor

Dr. José Alfredo Flores Cabrera

El presente estudio se realizó para determinar si un complemento alimenticio proporcionado al final del tratamiento fotoperiódico de días largos en los machos cabríos subalimentados, mejora su respuesta endocrina y sexual, así como su habilidad para estimular la actividad ovulatoria de las cabras anéstricas expuesta a estos machos. Doce machos Criollos adultos, divididos en tres grupos, fueron alojados en instalaciones abiertas. Un grupo de machos (Bien alimentados; n=4) fue alimentado con heno de alfalfa a libre acceso y 300 gr de concentrado comercial (14% de P.C.) por día y por animal para mantener una condición corporal promedio de (3.1 ± 0.1) durante todo el estudio. Otro grupo de machos (Subalimentados; n=4) fue alimentado con una dieta a base de alfalfa y avena de tal manera que mantuvieran una condición

corporal de 1.5 durante todo el estudio (noviembre-mayo). El tercer grupo (Complementado; n=4) se mantuvo con una dieta de 0.5 de sus necesidades del 1 de noviembre al 15 de enero. A partir del 16 de enero se les proporcionó un complemento alimenticio de 2 kg de alfalfa y 0.5 kg de avena/día/animal para aumentar y mantener su condición corporal en 2.5 por el resto del estudio. Los tres grupos de machos (fueron sometidos a días largos artificiales (16 horas luz/día) del 1 de noviembre al 15 de enero. Para determinar la respuesta endocrina y sexual de los machos al tratamiento fotoperiódico, se determinaron cada 15 días, el peso corporal, la condición corporal, la circunferencia escrotal y la intensidad del olor. Además, se determinaron las concentraciones plasmáticas de testosterona semanalmente. Se utilizaron además, 148 cabras adultas multíparas divididas en tres grupos homogéneos de acuerdo a su peso y condición corporal. El 31 de marzo de 2010, un grupo de hembras (n=48) fue expuesto a 2 machos bien alimentados. Otro grupo de hembras (n=51) fue expuesto a 2 machos subalimentados y un tercer grupo de hembras (n=49) fue expuesto a 2 machos complementados. Los tres grupos de machos permanecieron con las hembras durante 18 días. El comportamiento sexual de los machos se registró durante 1 hora (08:00-9:00 hs) en los primeros 12 días. La actividad ovulatoria (% de ovulación y tasa ovulatoria) de las hembras se determinó mediante ultrasonografía transrectal al día 6 y 18 después de la introducción de los machos. El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución del peso corporal, circunferencia escrotal y las concentraciones plasmáticas de testosterona ($P < 0.001$), así como una interacción grupo x tiempo del estudio

($P < 0.001$). El peso corporal del grupo bien alimentado fue superior ($P < 0.001$) al de los machos subalimentados y a los machos complementados durante todo el estudio. En los machos complementados esta variable fue estadísticamente superior ($P < 0.01$) al grupo de machos subalimentados a partir del 1 de mayo. La condición corporal del grupo bien alimentado fue superior (3.1 ± 0.1) a la de los machos subalimentados (1.6 ± 0.0) y complementados (2.3 ± 0.1) durante todo el estudio ($P < 0.01$). En el grupo complementado, la condición corporal fue superior ($P < 0.01$) a la del grupo subalimentado de 15 de febrero (1.5 ± 0.0) al final del estudio.

En el grupo bien alimentado la circunferencia escrotal se incrementó a partir del 1 de febrero y sus valores más altos fueron el 15 de abril. Al contrario en los grupos complementado y subalimentado se incrementó el 1 de marzo y sus valores máximos se registraron el 15 de mayo, un mes después que el grupo bien alimentado. La intensidad del olor se incrementó a partir del 1 de febrero en el grupo bien alimentado y su máximo valor se registró el 15 de mayo para posteriormente disminuir gradualmente. En cambio, en los grupos subalimentado y complementado el olor se incrementó a partir del 1 de abril y su máximo valor fue registrado el 15 de mayo. Las concentraciones de testosterona plasmáticas se incrementaron a partir del 11 de febrero en el grupo bien alimentado y su valor máximo se registró el 25 de marzo para posteriormente disminuir gradualmente. En cambio, en el grupo subalimentado se incrementó a partir del 11 de marzo y su máximo valor fue registrado el 22 de abril. En el grupo complementado, esta variable se

incrementó a partir del 25 de febrero y su máximo nivel el 1 de abril, un mes después que en el grupo bien alimentado y 15 días antes que el grupo subalimentado. El comportamiento sexual (número de olfateos, aproximaciones, intentos de monta y flehemen) de los machos bien alimentados fue mayor ($P < 0.05$) que en los machos subalimentados y complementados. En las demás conductas no existió diferencia ($P < 0.05$) entre los tres grupos. El porcentaje de hembras que ovularon en los primeros 5 días fue mayor ($P < 0.05$) en las hembras expuestas a machos bien alimentados (40/48; 83%) que las hembras expuestas a los machos subalimentados (28/51; 55%) y a los machos complementados (29/49; 59%). Sin embargo, en la segunda ovulación (día 6-18) el número de hembras que ovularon fue mayor ($P < 0.05$) en las hembras en contacto con machos bien alimentados (43/48; 90%) y complementados (37/49; 77%) que aquellas en contacto con machos subalimentados (34/51; 67%). En la tasa ovulatoria no se registró diferencia en la primera y ni en segunda ovulación entre las hembras expuestas a machos bien alimentados y en aquellas que estuvieron en contacto con subalimentados o complementados ($P < 0.05$). Se concluye que un complemento alimenticio al final del tratamiento fotoperiódico de días largos en los machos cabríos subalimentados mejora su respuesta endocrina y sexual, así como su habilidad para estimular la actividad ovulatoria de las cabras anéstricas

Palabras clave: caprinos, complemento alimenticio, efecto macho, actividad sexual, ovulación.

ABSTRACT

Undernourished male goats receiving a feed supplement at end of long day treatment improve their sexual response and their ability to stimulate the ovarian activity of anovulatory females goats

Sergio Secundino Méndez

Tesis

Presentada como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Asesor

Dr. José Alfredo Flores Cabrera

This study was carried out to determine if a feed supplement starting at end of long-day treatment improve their endocrine and sexual response, and their ability to stimulate the ovarian activity of anovulatory goats. Three groups of male goats (n = 6 each) were exposed to 2.5 months of long days (16 h of light/d) from Nov 1 to stimulate their sexual activity during the non-breeding season. The undernourished males (G1) were fed 0.5 maintenance requirements and had a body condition score (BCS) of 1.5 ± 0.1 . The well-nourished males (G2) were fed 1.5 maintenance requirements and had a BCS of 3.0 ± 0.1 . The supplemented males (G3) were fed 0.5 of their maintenance requirement from Nov 1 to Jan 15. From Jan 16 to Mar 30, those males were given a feed supplement (2 kg alfalfa hay and 0.5 kg oats/day/male). Live and body weight, scrotal circumference and odour intensity were determined every 2 week from

November 1st. Plasma testosterone concentrations were determined in blood samples once each week throughout the experimental period. Three groups of multiparous anovulatory does were exposed to undernourished, well-nourished or supplemented males during 18 days (n=2 males/group). Ovulations were determined 6 and 18 days after male introduction by transrectal ultrasonography. Sexual behavior of males was determined during 1 hour (0800 to 1000) the first 12 days following the introduction of males. Ovarian activity (% of does ovulating and ovulation rate) of females were determined by transrectal ultrasonography at 6 and 18 after the introduction of males. A time effect and treatment x time interaction was detected ($P < 0.001$) for body weight, scrotal circumference and plasma testosterone. Body weight of well-nourished males was higher ($P < 0.000$) ($P < 0.001$) than supplemented and undernourished males during all the study. In supplemented males this variable was superior ($P < 0.01$) than undernourished bucks from May 1st. The body condition of Well-nourished males was higher (3.1 ± 0.1) than Undernourished males (1.6 ± 0.0) and Supplemented males (2.3 ± 0.1) during all the study ($P < 0.01$). In Supplemented males, the body condition was higher than Undernourished males from February 15th to end of study. Plasma testosterone varied throughout the study in three groups (a time effect; $P < 0.001$). Also, a treatment by time interaction was detected ($P < 0.001$). Numerous differences were found when the Well-Nourished bucks were compared with supplemented and Undernourished males. The frequency of sexual behavior (anogenital sniffing, nudging, mount intents and flehmen) showing by Well-nourished was higher ($P < 0.05$) than Undernourished and Supplemented males. In

other behaviors no-differences between groups ($P < 0.05$) were registered. The frequency of does that ovulated during the first 5 days was higher ($P < 0.05$) in goats exposed to Well-nourished males (40/48; 83%) than exposed to Undernourished (28/51; 55%) and Supplemented males (29/49; 59%). However, in the second ovulation (day 6-18) the number of does that ovulated was higher ($P < 0.05$) in does in contact with Well-nourished (43/48; 90%) and Supplemented males (37/49; 77%) than does exposed to Undernourished males. In the ovulated rate no differences between groups were registered in first or second ovulation. We conclude that a feed supplement starting at end of long day treatment in undernourished males improve their endocrine and sexual response and their ability to stimulate the ovarian activity of anovulatory female goats.

Key words: goats, feed supplement, male effect, sexual activity, ovulation.

INTRODUCCIÓN

Algunas razas de pequeños rumiantes, al igual que sus ancestros silvestres, presentan un período de reposo sexual estacional. Este periodo de reposo es variable entre las diferentes razas y probablemente depende de la latitud de origen de éstas. El reposo sexual representa un mecanismo de adaptación para que las crías nazcan en la época más favorable del año y éstas tengan más posibilidades de sobrevivir (Bronson, 1989). Los caprinos que actualmente se explotan en la Comarca Lagunera manifiestan marcadas variaciones en su actividad reproductiva anual. En las hembras, la estación reproductiva se presenta durante el otoño y el invierno, mientras que el periodo de anestro se presenta durante la primavera y el verano (Duarte *et al.*, 2008). En cambio en los machos locales, la estación sexual inicia al final de la primavera y termina al inicio del invierno (Delgadillo *et al.*, 1999). La existencia de este periodo de baja actividad reproductiva en ambos sexos tiene consecuencias importantes sobre el desempeño reproductivo de los rebaños y repercute en la economía de las explotaciones. Factores como la nutrición y las relaciones socio-sexuales pueden modificar la actividad reproductiva anual de esta especie. Por ejemplo, en la Comarca Lagunera se ha demostrado que la actividad sexual de los machos estabulados y bien alimentados puede ser estimulada durante el periodo de reposo sexual al someterlos a un tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos artificiales a partir del 1 de noviembre (Delgadillo *et al.*, 2002). Una vez estimulados sexualmente éstos machos, son muy eficientes para inducir la actividad estral y ovulatoria de las cabras durante el periodo de

anestro, mediante un fenómeno conocido como efecto macho (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009; Bedos *et al.*, 2010).

En el norte subtropical de México, y en particular en la Comarca Lagunera, los caprinos son manejados de manera extensiva y consumen exclusivamente la flora nativa de los agostaderos (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). En consecuencia los animales están sujetos a grandes variaciones estacionales en la cantidad y calidad del alimento que consumen, relacionado con las variaciones de la precipitación pluvial propias de la región (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Estas variaciones en el nivel de alimentación de los animales influyen en la actividad reproductiva de los mismos. Por ejemplo, existen estudios que demuestran que la duración de la estación sexual es más corta en animales que se encuentran subalimentados que en los animales bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Zarazaga *et al.*, 2005). De igual manera, estudios indican que la respuesta en los machos cabríos sometidos a los tratamientos fotoperiódicos para estimular su actividad sexual fuera de la estación reproductiva, es más baja en los machos subalimentados que en los machos bien alimentados (Martin *et al.*, 1999). Estudios más recientes demostraron que los machos cabríos subalimentados que reciben únicamente el 0.5 de sus requerimientos nutricionales, responden al tratamiento fotoperiódico de días largos de una manera retardada y en menor intensidad que los machos que se encuentran bien alimentados (Flores *et al.*, 2010). Estos resultados indican que el nivel de alimentación al que se someten los machos influye

en la calidad de la respuesta de estos al tratamiento fotoperiódico. Por ello, es necesario determinar si en los machos subalimentados un complemento alimenticio administrado a los al final del tratamiento fotoperiódico de días largos mejora la respuesta endocrina y sexual así su capacidad para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias.

REVISIÓN DE LITERATURA

1 Estacionalidad reproductiva de hembras y machos caprinos

En la mayoría de las razas de caprinos originarios o adaptados a las zonas subtropicales existe una estacionalidad en la actividad reproductiva tanto (Restall, 1992; Delgadillo *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2003; Duarte *et al.*, 2008). Esta estacionalidad reproductiva, se caracteriza por la alternancia de periodos de reposo sexual seguidos de periodos de actividad sexual. En las hembras, el periodo de reposo sexual (ausencia de estros y ovulaciones) se presenta desde el inicio de la primavera hasta finales del verano. Por el contrario, la estación de actividad sexual (presentación de ciclos estrales y ováricos) inicia en otoño y termina a finales del invierno. Las que presentan este comportamiento reproductivo estacional son las cabras criollas de Argentina (30° S), las cashmere de Australia (28° S) y las cabras criollas de la Comarca Lagunera (26° N; Restall, 1992; Rivera *et al.*, 2003; Duarte *et al.*, 2008). En los machos, la estación de reposo sexual está caracterizada por una baja concentración de testosterona plasmática, bajo peso testicular, incremento de la latencia a la eyaculación, reducción cuantitativa y cualitativa de la producción espermática y disminuido comportamiento sexual. Los valores mínimos de expresión de estas variables se observan al final del invierno e inicio de la primavera, mientras que el periodo de actividad sexual se inicia al final de la primavera y termina al inicio del invierno (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 1999).

En ambos sexos, la duración del día (fotoperiodo) es utilizada por la mayoría de las razas de ovinos y caprinos estacionales para sincronizar sus periodos de actividad y reposo sexual durante el año (Thiery *et al.*, 2002; Delgadillo *et al.*, 2004; Malpaux, 2006; Duarte *et al.*, 2010). Sin embargo, al parecer otros factores como las relaciones socio-sexuales y la disponibilidad de alimento tienen la capacidad de modificar o regular la actividad reproductiva en los machos y las hembras (Martin y Walkden-Brown, 1995; Martin *et al.*, 2004; Forcada y Abecia, 2006; Delgadillo *et al.*, 2009).

2 Inducción de la actividad sexual de los machos a través de tratamientos fotoperiódicos

Como se mencionó anteriormente, las variaciones del fotoperiodo durante el año regulan la estacionalidad reproductiva en la mayoría de las razas ovinas y caprinas de las zonas templadas estudiadas hasta la fecha (Rivera *et al.*, 2008; Malpaux *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 2010). Se ha demostrado en condiciones artificiales, que cuando los machos son sometidos a cambios de la duración del día, los días largos inhiben la actividad sexual, mientras que los días cortos la estimulan (Delgadillo *et al.*, 2004). Sin embargo, no existe hasta el momento un tratamiento fotoperiódico que asegure una actividad sexual permanente. Es decir, que los animales dejen de manifestar periodos de actividad e inactividad sexual en el transcurso de un año. Por ejemplo, en los machos ovinos de las razas Merino y Suffolk, mantenidos durante dos años bajo un fotoperiodo de equinoccio (12 h de luz/día), la circunferencia testicular

presentó variaciones similares a las observadas en los animales testigos sujetos al fotoperiodo natural (Martin *et al.*, 1999). Esto sugiere la existencia de un ritmo endógeno de reproducción en estos animales, el cual es sincronizado por el fotoperiodo. Por ello, para manipular la actividad sexual de los animales a través de los tratamientos fotoperiódicos, es necesaria la alternancia de días largos y días cortos (Chemineau *et al.*, 1992). Tanto en los machos ovinos de la raza Ile-de-France como en los machos caprinos de las razas Alpina y Saanen sometidos a 1 ó 2 meses de días largos (16h luz/día) alternados con meses de días cortos (8 h de luz/día), eliminan la estacionalidad reproductiva. Estos machos manifiestan una intensa actividad sexual durante todo el año (Pelletier y Almeida, 1987; Almeida y Pelletier, 1988; Delgadillo *et al.*, 1992; 1993).

En los machos cabríos Alpino y Saanen, la exposición a dos meses de días largos a partir de diciembre o enero seguidos de la aplicación subcutánea de melatonina, hormona que se secreta por más tiempo en los días cortos, inducen una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo (Chemineau *et al.*, 1999). En los machos locales de la Comarca Lagunera, la utilización de 2.5 meses de días largos (16h de luz/día) a partir del primero de noviembre, seguidos de la aplicación subcutánea de dos implantes de melatonina (18 mg c/u), induce una intensa actividad sexual durante el periodo natural de reposo (marzo-abril). En los machos tratados de esa manera, los niveles plasmáticos de testosterona, así como el comportamiento sexual determinado por las montas, intento de

montas, aproximaciones y olfateos ano-genitales, fueron superiores a lo registrado en los machos no tratados (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2001). En estos machos, la sola aplicación de 2.5 meses de días largos artificiales (del 1 de noviembre al 15 de enero) estimula la secreción de testosterona y el comportamiento sexual de manera similar a lo que ocurre en los machos tratados con días largos y melatonina (Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007).

3 Uso del efecto macho para estimular la actividad reproductiva de las hembras anéstricas

En las hembras, la utilización de luz artificial en combinación con la melatonina ha permitido también inducir su actividad sexual durante el periodo de anestro (Prandi *et al.*, 1987; Devenson *et al.*, 1992; Cheminau *et al.*, 1992; Zarazaga *et al.*, 1994). Sin embargo, existen métodos más sencillos para estimular la actividad sexual de las hembras que no involucran la manipulación del fotoperiodo, ni el uso de hormonas exógenas. Un ejemplo de ello es el fenómeno conocido como efecto macho (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Álvarez y Zarco, 2001; Rosa y Bryant, 2002; Delgadillo *et al.*, 2003; 2009). Este método consiste en la introducción de un macho en un grupo de hembras en anestro, el cual puede inducir la actividad reproductiva de las hembras unos días después de ponerlos en contacto. Las primeras observaciones de este fenómeno fueron reportadas en ovinos por Girard (1813), y posteriormente por Underwood *et al.* (1944). En las cabras, Shelton (1960) fue el primero en describir el efecto macho. Entre los años de 1960 y 1980, el tema del

efecto macho tomó relevancia por sus implicaciones prácticas y ecológicas, lo cual incrementó el número de estudios realizados al respecto, abordando los diferentes factores que influyen en la respuesta de las hembras al efecto macho.

La mayoría de los estudios realizados a la fecha coinciden en que el efecto macho constituye un estímulo social multifactorial que permite iniciar la actividad reproductiva tanto en ovejas como en cabras a los pocos días de iniciado el contacto entre los dos sexos (Shelton, 1960; 1980; Chemineau, 1987; Flores *et al.*, 2000; Álvarez y Zarco, 2001; Ungerfeld *et al.*, 2004; Hawken *et al.*, 2008; Delgadillo *et al.*, 2009). De igual manera, la mayoría de los autores concuerdan que la respuesta de las hembras al efecto macho puede ser variable en términos de la proporción de hembras que responden. Sin embargo, en la mayoría de los casos donde se utiliza el efecto macho, el patrón de respuesta estral y ovárica es muy similar en los diferentes estudios.

3.1 Respuestas endocrina, sexual y comportamiento de las hembras estimuladas mediante el efecto macho

Durante la estación de anestro, la secreción de pulsos de GnRH y LH de las hembras es poco frecuente debido principalmente a la retroalimentación negativa que ejerce el estradiol en el hipotálamo e hipófisis anterior (Martin *et al.*, 1986). Cuando se introduce un macho en el grupo de hembras, a los pocos minutos (2-4 min), se registra un incremento en la frecuencia de pulsos de LH (Poindron *et al.*, 1980;

Vielma *et al.*, 2009). Además de este aumento en la frecuencia, también existe un incremento en la amplitud de los pulsos de LH (Rosa y Bryant, 2002). Antes de la introducción del macho se observan 0.3 pulsos en tres horas, con una amplitud media de 0.5 ng/ml. Después de la introducción de los machos, se registran 2.2 en tres horas, con una amplitud media de 1.2 ng/ml a (Chemineau *et al.*, 1986). Este aumento en la pulsatilidad de la LH coincide con un incremento en el número y el diámetro de folículos ováricos (Ungerfeld *et al.*, 2004). Al estimular el desarrollo folicular, se incrementa la secreción del estradiol, el cual por retroacción positiva provoca la aparición de un pico preovulatorio de LH entre 24 a 30 h después de la introducción del macho y la ovulación de 24 a 36 h más tarde (Signoret y Lindsay, 1982; Martin, 2002).

En las cabras que responden al efecto macho, un primer estro se observa del día uno al nueve después de iniciado el contacto, teniendo una frecuencia mayor dos días después del contacto (Chemineau, 1983; Flores *et al.*, 2000). Después de siete días de contacto, el 97% de las cabras ovula. En las cabras criollas del norte de México, al igual que las criollas de la isla Guadalupe en el Caribe, la primera ovulación inducida está asociada con un estro en el 60% de las hembras y es seguida en el 75% de ellas por un ciclo ovulatorio de corta duración que, en promedio, dura cinco días. Después de este ciclo corto se produce otra ovulación acompañada de actividad estral y de una fase lútea de duración normal en al menos el 90% de las hembras (Chemineau, 1983, Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2003).

La forma en que las hembras anéstricas perciben al macho es multisensorial: esto es, que están implicados la mayoría de los sentidos; por ejemplo, el olfato (Shelton *et al.*, 1960; Martin *et al.*, 1986; Claus *et al.*, 1990, Walkden-Brown *et al.*, 1993; Iwata *et al.*, 2003), el tacto, auditivo y visual (Shelton, 1960; 1980; Pearce y Oldham, 1988).

4 Factores que influyen en la respuesta de las hembras sometidas al efecto macho

La respuesta de las hembras expuestas al efecto macho puede variar dependiendo de factores como la intensidad del comportamiento sexual mostrada por los machos y el nivel de nutrición de las hembras y machos, entre otros (Mellado *et al.*, 1994; Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2006).

4.1 Comportamiento sexual de los machos

La intensidad del comportamiento sexual de los machos influye en la respuesta de las hembras a la presencia de los machos. El comportamiento sexual de los machos es caracterizado por el despliegue de conductas como el automarcaje, los olfateos ano-genitales, el flehmen, las aproximaciones, los intentos de monta y las montas con penetración (Price *et al.*, 1986; Fabre-Nys, 2000). Durante el periodo de reposo sexual de los machos, la calidad de las señales del macho (olor, vocalizaciones y comportamiento sexual) disminuye considerablemente y la disminución es probablemente responsable de la baja o nula respuesta de las hembras

sometidas al efecto macho en algunos meses del anestro estacional. Al respecto, Perkins y Fitzgerald (1994) demostraron que la intensa conducta sexual desplegada por los machos ovinos hacia las hembras, y mejora la respuesta estral y ovulatoria de éstas. Estos autores compararon machos que exhibían altos niveles de conducta sexual y machos con bajo nivel. Ellos encontraron que los machos con alta actividad sexual inducen un mayor número de hembras al estro (95%) que los machos con baja libido (78%).

De igual modo, la actividad sexual de los machos locales es estimulada en el periodo de reposo sexual, al someterlos previamente a 2.5 meses de días largos (16 horas luz) a partir del 1 de noviembre. La secreción de testosterona, el olor y el comportamiento sexual se incrementan notablemente, y no difieren de los valores observados durante el período de actividad sexual natural (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Además, en varios estudios se ha demostrado que estos machos sometidos al tratamiento fotoperiódico son más eficientes que los machos no tratados para estimular la actividad estral y ovárica en las cabras anéstricas (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Luna-Orozco *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009; Bedos *et al.*, 2010; Fernández *et al.*, 2011).

Estos estudios demuestran que la intensidad del comportamiento sexual manifestada por los machos al ser puestos en contacto con las

hembras anovulatorias es uno de los factores más importantes para inducir la actividad sexual en las cabras durante el anestro.

4.2 Influencia de la alimentación sobre la actividad reproductiva de los caprinos y ovinos

Otro de los factores que influyen en la respuesta de las hembras al efecto macho es el nivel de alimentación tanto en hembras como en machos.

Por ejemplo, en las hembras que manifiestan conducta estral y ovulatoria en respuesta al efecto macho es más alta en las hembras bien alimentadas que en las hembras subalimentadas (Khaldi, 1984; Henniawati y Fletcher, 1986; Wright *et al.*, 1990; Kusina *et al.*, 2001). De igual manera, el intervalo entre la introducción de los machos y el inicio de la actividad estral es más prolongado en las hembras subalimentadas (5 días), que tienen una condición corporal baja, que en las hembras bien alimentadas, que tienen una condición corporal alta (2 días; Mellado *et al.*, 1994). Por ejemplo, el porcentaje de cabras que presentan estro durante los primeros 5 días de contacto con los machos es superior (92%) en las hembras que reciben un suplemento alimenticio 7 días antes del efecto macho, que las hembras no suplementadas (60%; De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008). De igual manera, en las cabras de baja condición corporal que reciben un complemento alimenticio durante 21 días a partir de la introducción de los machos, la proporción de cabras gestantes es más elevada (83%) en las que reciben el complemento alimenticio, que aquellas que no complementadas (50%; Fitz-Rodríguez *et*

al., 2009). Además, la subalimentación también afecta la tasa ovulatoria de las hembras que son expuestas al efecto macho. Por ejemplo, la tasa ovulatoria en la segunda ovulación es mayor en las cabras complementadas durante 7 días a partir de la introducción del macho (2.0) que en las hembras que no reciben complemento (1.6; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

En los machos, la alimentación también tiene gran importancia en el control del ciclo anual de la reproducción (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Por ejemplo, cuando los carneros Corriedale en Uruguay (32° S) son complementados nutricionalmente durante la primavera (periodo de reposo sexual) la pulsatilidad de LH y la circunferencia escrotal se incrementan más rápido que en los machos mantenidos con una dieta de mantenimiento (Pérez-Clariget *et al.*, 1998). Por ejemplo, en los machos cabríos cashmere de Australia (28° S), la subalimentación provoca un retraso en el inicio de la actividad sexual, indicado por un tardío incremento del peso testicular, de la secreción de testosterona y la intensidad de olor en comparación con los machos bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Además, la subalimentación también reduce el comportamiento sexual, la intensidad del olor, el volumen del eyaculado, el número de espermatozoides por eyaculado, el porcentaje de espermatozoides vivos y la motilidad espermática (Walkden-Brown y Restall, 1996). También, existen estudios que demuestran que los machos que recibieron una dieta de alta calidad nutricional muestran periodos reproductivos más largos y además un incremento muy marcado

en las concentraciones de LH, FSH, testosterona y en el tamaño de las glándulas sebáceas e intensidad de olor que los machos subalimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Cruz-Castrejón *et al.*, 2007). Por ejemplo, en los machos cashmere australianos, una sobrealimentación de 6 semanas antes de la monta provoca un adelanto del inicio de la estación sexual (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Martin y Walkden-Brown, 1995).

De igual manera, existen estudios que demuestran que la respuesta en los machos cabríos a los tratamientos fotoperiódicos para estimular su actividad sexual fuera de la estación reproductiva, es más baja en los machos subalimentados que en los machos bien alimentados (Martin *et al.*, 1999). De igual manera, en los machos cabríos locales subalimentados que reciben únicamente el 0.5 de sus requerimientos nutricionales, responden al tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos artificiales de una manera retardada y en menor intensidad que los machos cabríos bien alimentados (Flores *et al.*, 2010). Estos resultados indican que el nivel de alimentación al que se someten los machos influye en la calidad de la respuesta de estos machos al tratamiento fotoperiódico. Por ello, es necesario determinar si en los machos subalimentados un complemento alimenticio proporcionado al final del tratamiento fotoperiódico de días largos mejora la respuesta endocrina y sexual, así su capacidad para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias.

OBJETIVO

Determinar si un complemento alimenticio proporcionado al final del tratamiento fotoperiódico de días largos en los machos cabríos subalimentados mejora su respuesta sexual, así como su habilidad para estimular la actividad ovulatoria de las cabras anéstricas.

HIPÓTESIS

En los machos cabríos subalimentados un complemento alimenticio proporcionado al final del tratamiento fotoperiódico de días largos mejora su respuesta sexual, así como su habilidad para inducir la actividad ovulatoria de las hembras anéstricas mediante el efecto macho

MATERIALES Y MÉTODOS

1 Localización del estudio

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna y en un rebaño particular ubicado en el Ejido Morelos II, Municipio de Matamoros, Coahuila. Ambas localidades se ubican en la Comarca Lagunera la cual se encuentra a una latitud 26° Norte y a una altitud que varía de 1100 a 1400 metros sobre el nivel del mar. Las variaciones del fotoperiodo en la región son de 13:41 horas luz durante el solsticio de verano y de 10:19 horas luz durante el solsticio de invierno.

2 Animales experimentales

2.1 Machos

Su utilizaron 12 machos cabríos criollos adultos divididos en tres grupos. Estos machos se mantuvieron estabulados en instalaciones abiertas de 10x6 m. Un grupo de machos (Bien alimentado; n=4) fue alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y 300 gr. de concentrado comercial (14% de P.C.) por día y por animal para mantener una condición corporal promedio de 3.5 durante todo el estudio. Otro grupo de machos (n=8) fue alimentado con una dieta a base de avena de tal manera que mantuvieran una condición corporal de 1.5 del 1 de noviembre al 15 de enero. En esa fecha, el grupo fue dividido en dos grupos homogéneos (4 machos c/u) en cuanto a peso corporal, condición corporal y circunferencia escrotal (Tabla 1). Un grupo (Subalimentado)

fue alimentado con la misma dieta a base de avena de tal manera que mantuviera su condición corporal promedio en 1.5 hasta el fin del estudio. Al otro grupo (Complementado) se les proporcionó a partir del 16 de enero, un complemento alimenticio de 2 kg de alfalfa y 0.5 kg de avena/día/animal para incrementar y mantener su condición corporal en 2.5 por el resto del estudio. Todos los machos se sometieron al tratamiento de días largos artificiales (16 horas de luz/día) a partir del 1 de noviembre y hasta el 15 de enero como fue descrito por Delgadillo *et al.* (2002).

Tabla 1. Condición corporal de los tres grupos de machos al inicio y final del tratamiento fotoperiódico y al momento de ser expuestos a las hembras caprinas anovulatorias

Grupos	1 Noviembre (inicio tratamiento)	15 Enero (final tratamiento)	26 Marzo (efecto macho)
Bien alimentados (n=4)	2.6 ± 0.1 ^a	2.9 ± 0.1 ^a	3.3 ± 0.1 ^a
Subalimentados (n=4)	1.9 ± 0.1 ^b	1.6 ± 0.1 ^b	1.5 ± 0.0 ^b
Complementado (n=4)		1.6 ± 0.7 ^b	2.5 ± 0.0 ^{ab}

^{a,b} Literales diferentes en renglón indican diferencia significativa entre los 2 grupos (P<0.05).

2.2 Hembras

Se utilizaron 148 cabras criollas adultas múltiparas y anovulatorias. Las cabras estuvieron estabuladas 2 días antes del efecto macho en un corral de 15 × 20 m y fueron alimentadas con heno de alfalfa a libre acceso y 200 g de concentrado comercial (14% de PC.) por día y por

animal. El agua y los minerales se proporcionaron a libre acceso. La ciclicidad de las hembras se determinó mediante la presencia de al menos un cuerpo lúteo al realizar una ecografía 10 días antes de la introducción de los machos (de Castro *et al.*, 1999). Todas las hembras que resultaron cíclicas o gestantes fueron eliminadas del estudio. Las hembras anovulatorias fueron distribuidas en tres grupos considerando su condición corporal.

3 Efecto macho

El 26 de marzo de 2010 (día 0) un grupo de hembras (n=51) fue puesto en contacto con 2 machos subalimentados. Un segundo grupo de hembras (n=48) fue puesto en contacto con 2 machos bien alimentados. El tercer grupo de hembras (n= 49) fue puesto en contacto con 2 machos complementados. En los tres grupos los machos permanecieron con las hembras durante 18 días continuos.

4. Variables determinadas

4.1 Machos

4.1.1 Peso corporal

El peso corporal se determinó cada 15 días durante todo el experimento en los tres grupos de machos. Para ello, se utilizó una báscula electrónica con una capacidad de 200 kg y una precisión de 50 g.

Los machos fueron pesados por la mañana antes de proporcionarles el alimento.

4.1.2 Condición corporal

La condición corporal fue determinada cada 15 días utilizando la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.* (1997), la cual consiste en determinar por palpación la cantidad de tejido muscular y graso de la región lumbar del animal. Se utiliza una escala de valores que van de 1 a 4 con una precisión de 0.5 puntos.

4.1.3 Circunferencia escrotal

La circunferencia escrotal fue determinada cada 15 días a partir del 1 de noviembre y hasta el 15 de mayo. Para ello, se utilizó una cinta métrica flexible graduada en milímetros. La medida fue tomada en la parte más ancha de ambos testículos.

4.1.4 Intensidad del olor

La intensidad del olor fue determinada con la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.* (1994), la cual consiste en percibir el olor de la parte posterior de la región de la base de los cuernos a una distancia de 15 cm, lugar donde se encuentran las glándulas sebáceas. Previamente se reportó que esta medición tiene una correlación positiva ($r = 0.71$) con la testosterona plasmática responsable de la actividad sexual de los machos. La técnica utiliza una escala de 0 a 3, que corresponde a:

0 = Olor neutro o igual a hembras o macho castrado.

1 = Olor sexual ligero.

2 = Olor sexual moderado.

3 = Olor sexual intenso.

4.1.5 Concentraciones plasmáticas de testosterona

Para determinar los niveles plasmáticos de testosterona se obtuvo una muestra sanguínea por semana de cada macho durante todo el experimento (1 de noviembre - 27 de mayo). En todas las ocasiones, la toma de muestras se realizó antes de proporcionar el alimento. La obtención de muestras se realizó mediante venopunción de la yugular (5 ml por animal) en tubos al vacío que contenían 30 μ l de heparina sódica como factor anticoagulante. Posteriormente, la sangre fue centrifugada durante 30 minutos a 3000 g y el plasma obtenido fue congelado a -15 °C, hasta la determinación de la testosterona, la cual se realizó mediante radioinmunoanálisis, según la técnica propuesta por Garnier *et al.* (1978).

4.1.6 Comportamiento sexual de los machos

El comportamiento sexual de los machos se evaluó durante 1 hora diaria (08:00–09:00 h), los primeros 11 días después de ser puestos en contacto con las hembras. Las conductas evaluadas fueron: número de flehmen, olfateos ano-genitales, aproximaciones, intentos de monta, monta sin penetración, monta con penetración y automarraje con orina.

4.2 Respuesta ovulatoria de las hembras al efecto macho

4.2.1 Porcentaje de hembras que ovulan

La actividad ovulatoria se determinó mediante una ultrasonografía transrectal al día 6 y otra al día 18 después de introducir los machos. El criterio para determinar si una hembra había ovulado fue la presencia de al menos un cuerpo lúteo en los ovarios al momento de realizar las ecografías (de Castro et al., 1999). Para ello, se utilizó un equipo de ultrasonido con un transductor transrectal modo-B de 7.5 MHz (Aloka SSD 550. Tokio Japón).

4.2.2 Tasa ovulatoria

La tasa ovulatoria fue determinada mediante el número de cuerpos lúteos registrados en ambos ovarios al momento de realizarse las ecografías al día 6 y 18 después de la introducción de los machos.

5 Análisis de datos

5.1 Machos

5.1.1 El peso corporal, la circunferencia escrotal y las concentraciones plasmáticas de testosterona

El peso corporal, la circunferencia escrotal y las concentraciones plasmáticas de testosterona de los machos de los tres grupos fueron comparados mediante un análisis de varianza (ANOVA) a 2 factores (tiempo-grupo) y posteriormente una prueba post-hoc (Tukey) para comparar cada semana de muestreo entre los tres grupos.

5.1.2 Condición corporal e intensidad de olor

La condición corporal y la intensidad del olor fueron analizadas mediante la prueba U de Mann-Whitney para llevar a cabo la comparación entre grupos.

5.1.3 Comportamiento sexual de los machos

En cada conducta, el total de las frecuencias mostradas en cada grupo fue comparado utilizando una prueba de Chi-cuadrada con la bondad de ajuste, utilizando el criterio de una distribución completamente al azar.

5.2 Hembras

5.2.1 Porcentaje de hembras que ovularon

Las proporciones de las hembras que manifestaron actividad ovulatoria en los tres grupos fueron comparadas mediante la prueba e Chi-cuadrada.

5.2.2 Tasa ovulatoria

La tasa ovulatoria registrada en las hembras de los tres grupos fue comparada mediante una prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney.

RESULTADOS

1 Respuesta de los machos al tratamiento fotoperiódico

1.2 Peso corporal

El peso corporal de los machos de los tres grupos varió a través del estudio (efecto tiempo del estudio; $P < 0.001$). Además, estas variaciones del peso corporal fueron diferentes entre los grupos ($P < 0.001$). Las diferencias quincenales entre los grupos se indican en la Figura 1. El peso corporal de los machos del grupo bien alimentado fue superior al peso corporal de los machos subalimentados y a los machos complementados durante todo el estudio ($P < 0.001$). El peso corporal de los machos complementados fue más alto que el registrado por los machos del grupo subalimentados al final del estudio ($P < 0.01$).

1.2 Condición corporal

La condición corporal de los machos de los tres grupos varió a través del estudio (efecto tiempo del estudio; $P < 0.001$). Además, estas variaciones de la condición corporal fueron diferentes entre los grupos ($P < 0.001$). Las diferencias quincenales registradas en los grupos se muestran en la Figura 2. La condición corporal de los machos del grupo bien alimentado fue superior durante todo el estudio, a la condición corporal registrada en los machos subalimentados y en los machos complementados ($P < 0.001$). En cambio, la condición corporal de los machos complementados se incrementó a partir del 15 de febrero y fue

superior a la registrado por los machos del grupo subalimentados a partir de esa fecha y hasta el final del estudio ($P < 0.001$).

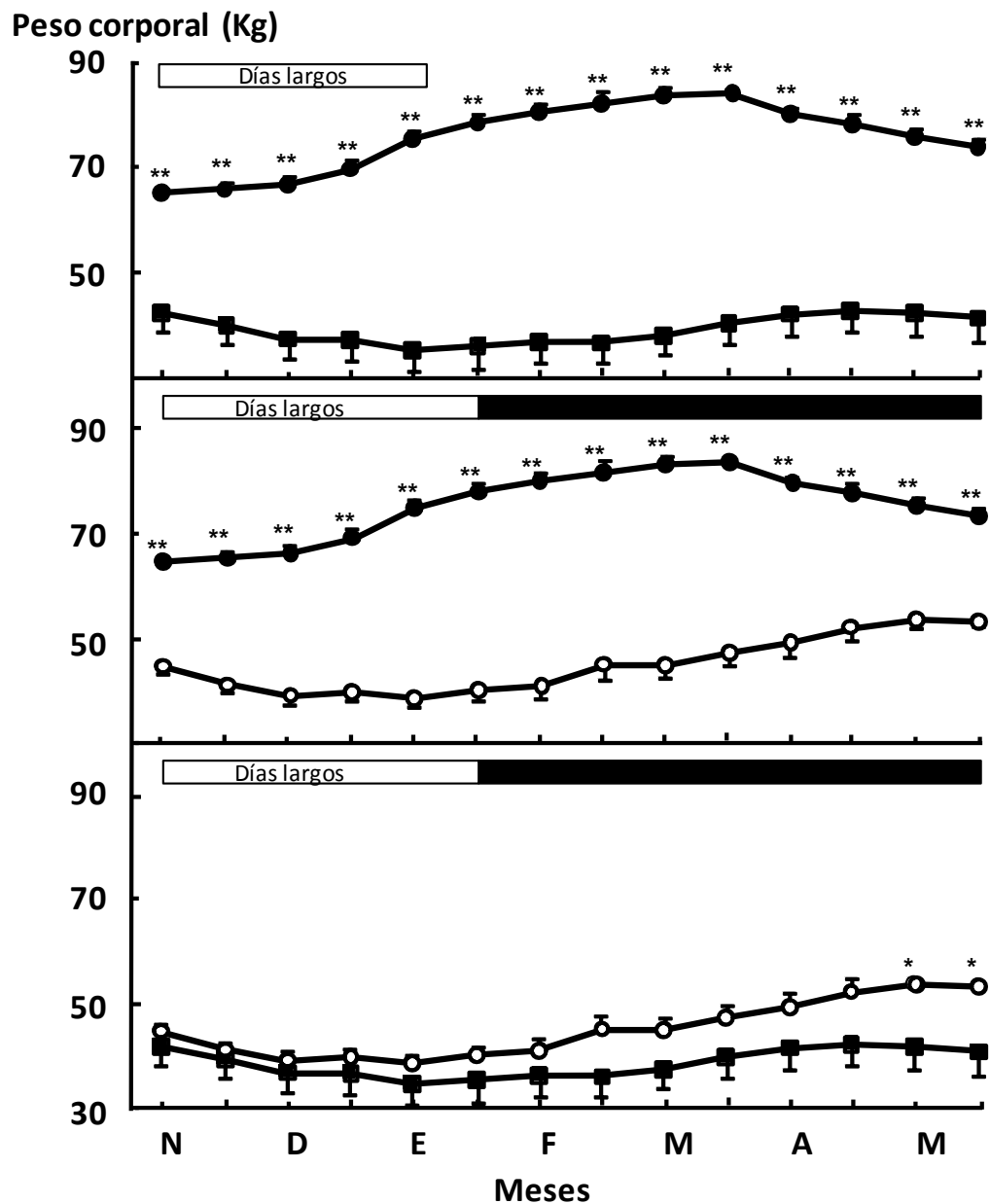


Figura 1. Evolución del peso corporal promedio (\pm EEM) durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), subalimentados (■) y complementados (○). El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero al 15 de mayo (■). * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

**Condición corporal
(Score 1-4)**

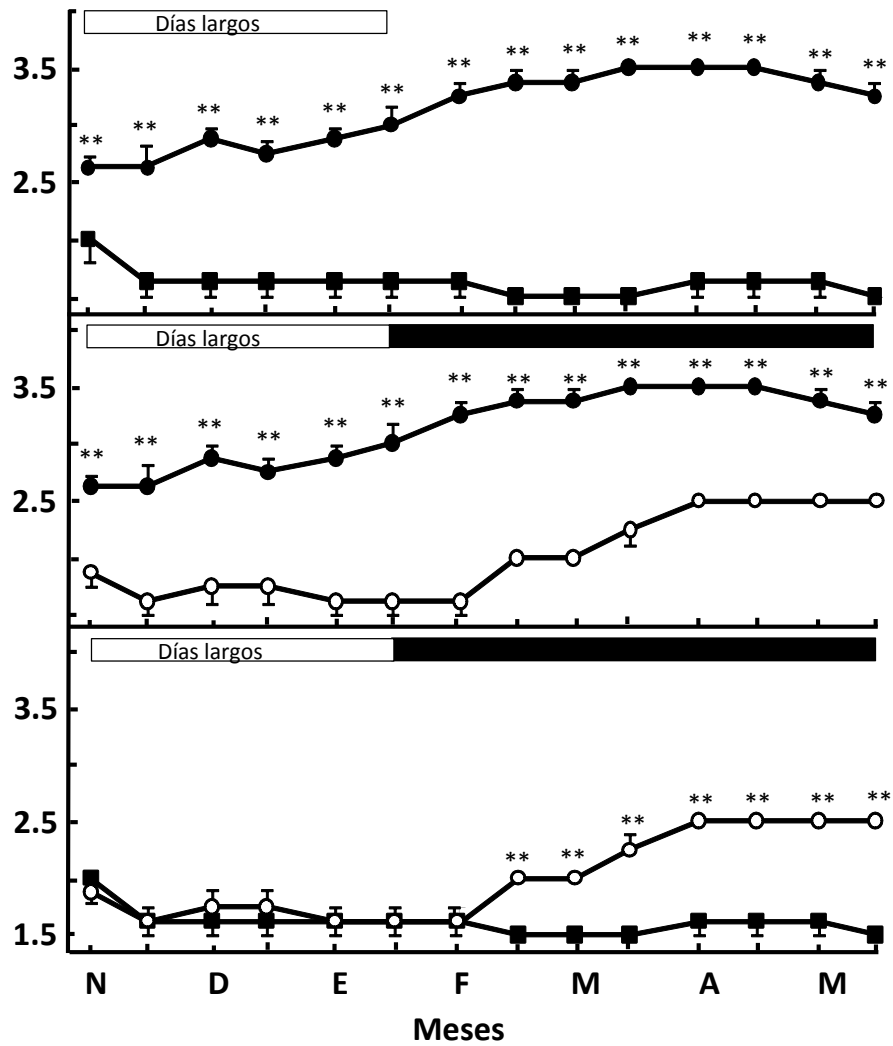


Figura 2. Evolución de la condición corporal promedio (\pm EEM) durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), subalimentados (■) y complementados (○). El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero al 15 de mayo (■). * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

1.3 Circunferencia escrotal

La circunferencia escrotal de los machos de los tres grupos varió a través del estudio (efecto tiempo del estudio; $P < 0.001$) y estas variaciones fueron diferentes entre los grupos (efecto grupo e interacción tiempo-grupo; $P < 0.001$). Las diferencias quincenales registradas en los 3 grupos de macho se muestran en la Figura 3. En el grupo bien alimentado la circunferencia escrotal se incrementó a partir del 15 de febrero (28 ± 0.4) y sus valores más altos (30 ± 0.8 cm) fueron el 15 de abril. Al contrario, en el grupo subalimentado esta variable se incrementó a partir del 15 de marzo y sus valores máximos se registraron el 15 de mayo (25.9 ± 1.2), un mes después que el grupo bien alimentado. En el grupo complementado, esta variable se incrementó a partir del 1 de marzo y su valor máximo fue el 15 de mayo (28.8 ± 0.3)

1.4 Intensidad de olor

En los tres grupos, la intensidad del olor varió a través del estudio (efecto tiempo del estudio; $P < 0.001$). Además, estas variaciones de la intensidad de olor fueron diferentes entre los grupos a través del tiempo (efecto grupo e interacción tiempo-grupo; $P < 0.001$). Las diferencias quincenales entre los 3 grupos de machos se indican en la Figura 4. Como se puede apreciar en la figura, en el grupo bien alimentado la intensidad del olor se incrementó a partir del 15 de febrero y su máximo valor (2.5 ± 0.2) se registró el 1 de mayo. En cambio, en los grupos subalimentado y complementado el olor se incrementó a partir del 1 de

abril y sus máximos valores fueron registrados el 15 de mayo. (0.5 ± 0.3 y 1.3 ± 0.3 , respectivamente).

Circunferencia escrotal

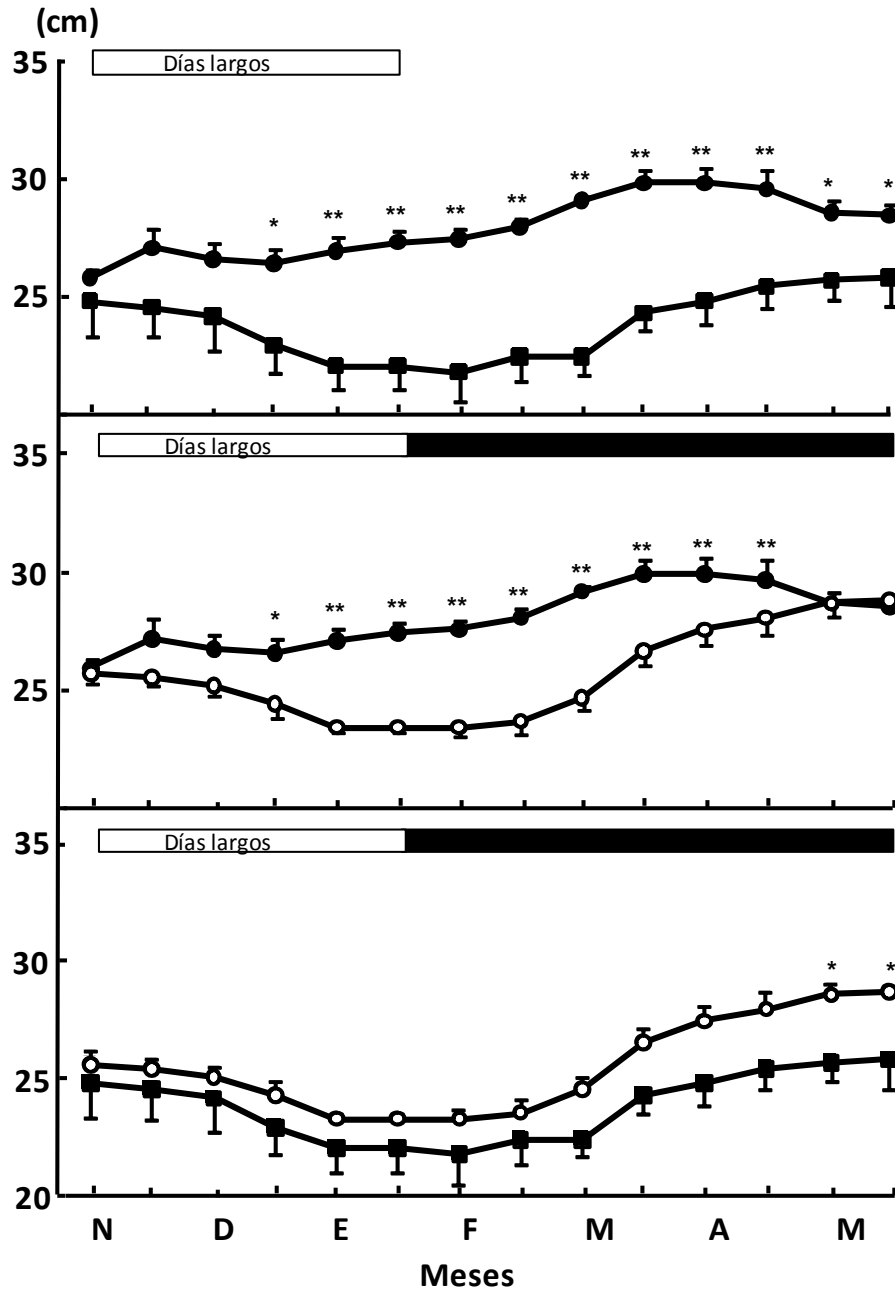


Figura 3. Variaciones promedio (\pm EEM) de la circunferencia escrotal durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), subalimentados (■) y complementados (○). El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero al 15 de mayo (■). * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

Intensidad de olor
Score (0-3)

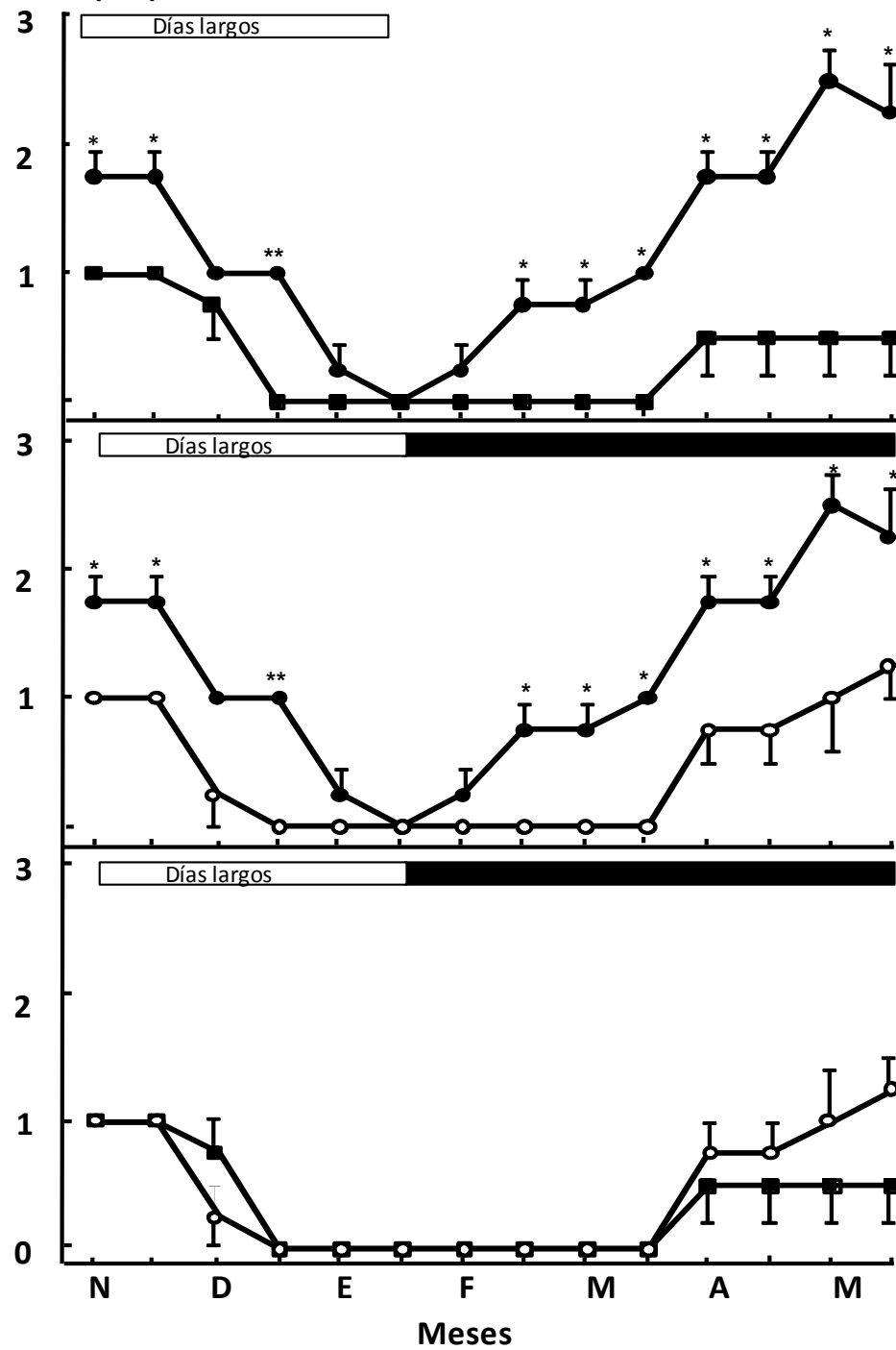


Figura 4. Variaciones promedio (\pm EEM) de la intensidad de olor durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), subalimentados (■) y complementados (○). El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero hasta el 15 de mayo (■). *P<0.05; **P<0.01.

1.5 Concentraciones plasmáticas de testosterona

Las concentraciones plasmáticas de testosterona de los tres grupos varió a través del estudio (efecto tiempo del estudio; $P < 0.001$) y estas variaciones fueron diferentes entre los grupos a través del tiempo (efecto del grupo e interacción tiempo-grupo; $P < 0.001$). Las diferencias quincenales registradas entre los machos de los 3 grupos se muestran en la Figura 6. Las concentraciones de testosterona se incrementaron a partir del 11 de febrero en el grupo bien alimentado y su valor máximo (15.4 ± 1.20 ng/ml) se registró el 25 de marzo para posteriormente disminuir gradualmente y alcanzar concentraciones basales a partir de la última semana de abril. En cambio, en el grupo subalimentado la testosterona se incrementó a partir del 11 de marzo y su máximo valor (3.78 ± 2.0 ng/ml) fue registrado el 22 de abril, para posteriormente disminuir y mantener niveles basales hasta el final del estudio. De igual manera, en el grupo complementado, la concentración de testosterona se incrementó a partir del 25 de febrero y su máximo nivel (5.07 ± 1.4 ng/ml) fue el 1 de abril.

1.6 Comportamiento sexual de los machos

El comportamiento sexual de los machos del (día 0-5) de observación se muestra en la Figura 6. El número total de aproximaciones intentos de monta y flehemen fue mayor ($P < 0.05$) en los machos bien alimentados que en los machos subalimentados y complementados. El número de olfateos y automarraje fu diferente entre los tres grupos de machos ($P < 0.05$). Y en el número de monta sin penetración y monta con penetración no se registró diferencia entre los tres grupos de ($P < 0.05$). El

comportamiento sexual de los machos del (día 6-12) de observación se muestra en la Figura 7. El número total de aproximaciones intentos de monta y flehemen fue mayor ($P < 0.05$) en los machos complementados que en los machos subalimentados y bien alimentados. El número de olfateos fue mayor en los machos bien alimentados ($P < 0.05$) que en los machis subalimentados y complementados.

Testosterona (ng/ml)

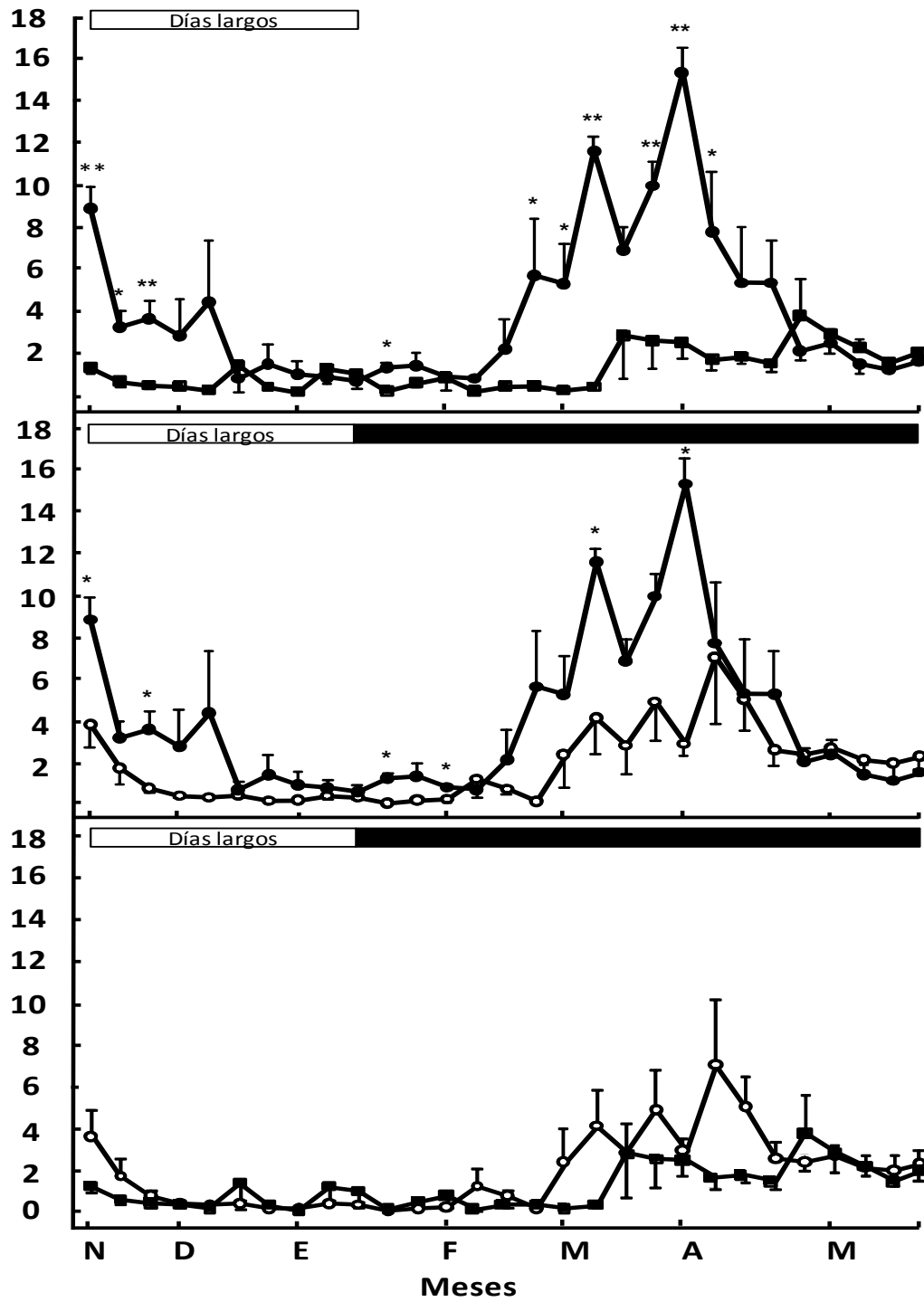


Figura 5. Evolución de las concentraciones de testosterona promedio (\pm EEM) durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), subalimentados (■) y complementados (○). El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero al 15 de mayo (■). *P<0.05; **P<0.01.

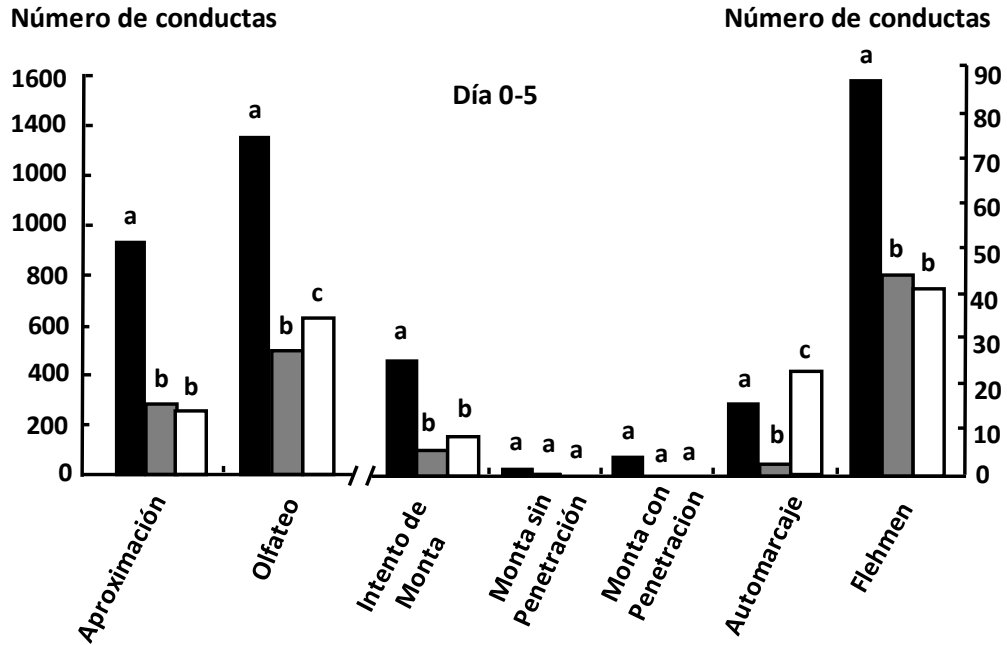


Figura 6. Comportamiento sexual de del (día 0-5) en los machos bien alimentados (■), subalimentados (▒) y complementados (□). Las observaciones se realizaron durante 1 hora diaria los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con las hembras.

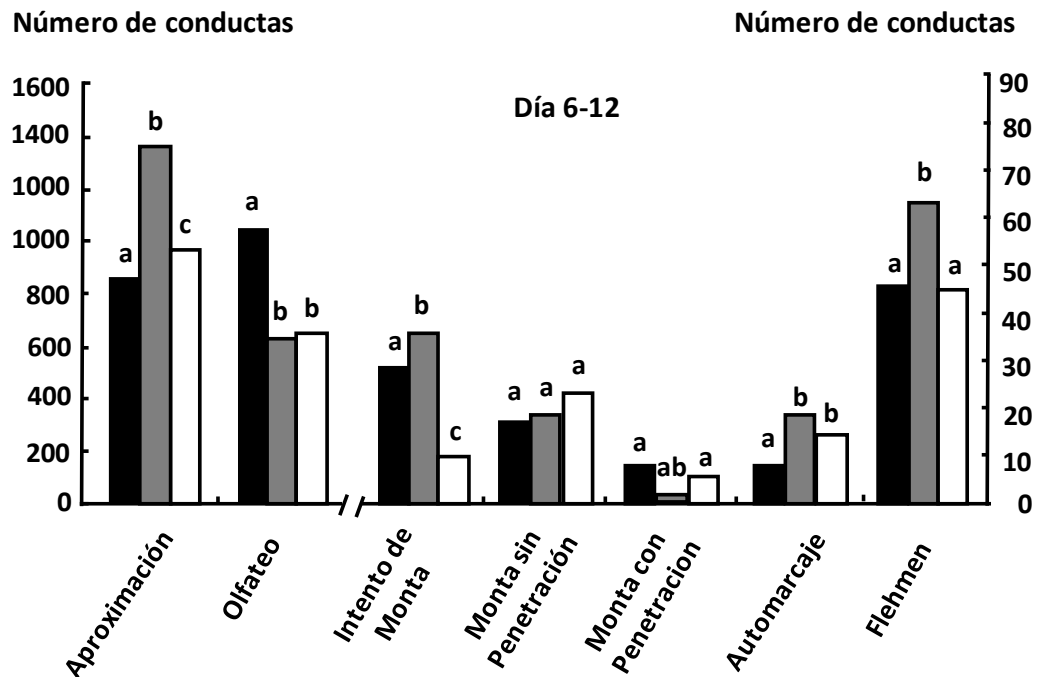


Figura 7. Comportamiento sexual del (día 6-12) en los machos bien alimentados (■), subalimentados (▒) y complementados (□). Las observaciones se realizaron durante 1 hora diaria los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con las hembras.

2 Respuesta de las hembras al efecto macho

2.1 Porcentaje de hembras que ovularon

El porcentaje de hembras que ovularon en los primeros 5 días de contacto con los machos fue mayor ($P < 0.05$) en las hembras expuestas a machos bien alimentados que aquellas en contacto con machos subalimentados y complementados (Figura 8). En la segunda ovulación (día 6-18) el número de hembras que ovularon fue mayor ($P < 0.05$) en las hembras con machos bien alimentados y complementados que aquellas en contacto con subalimentados. No se registró diferencia entre las hembras estimuladas con machos bien alimentados y con machos complementados.

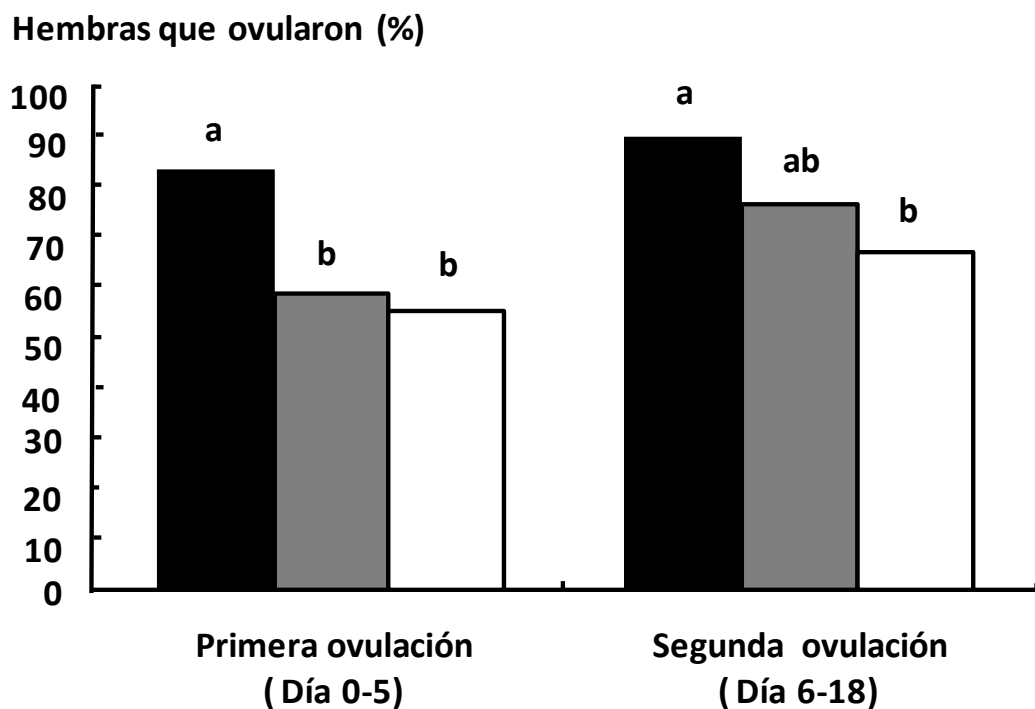


FIGURA 8. Respuesta de la actividad ovulatoria al día 6 y 18 de las hembras sometidas al efecto macho utilizando machos bien alimentados (■), machos complementados (▒) y machos subalimentados (□).

2.2 Tasa ovulatoria

En la (Figura 9) la tasa ovulatoria no se registró diferencia durante la primera y segunda ovulación entre las hembras estimuladas con machos bien alimentados y en aquellas en contacto con subalimentados o complementados ($P < 0.05$).

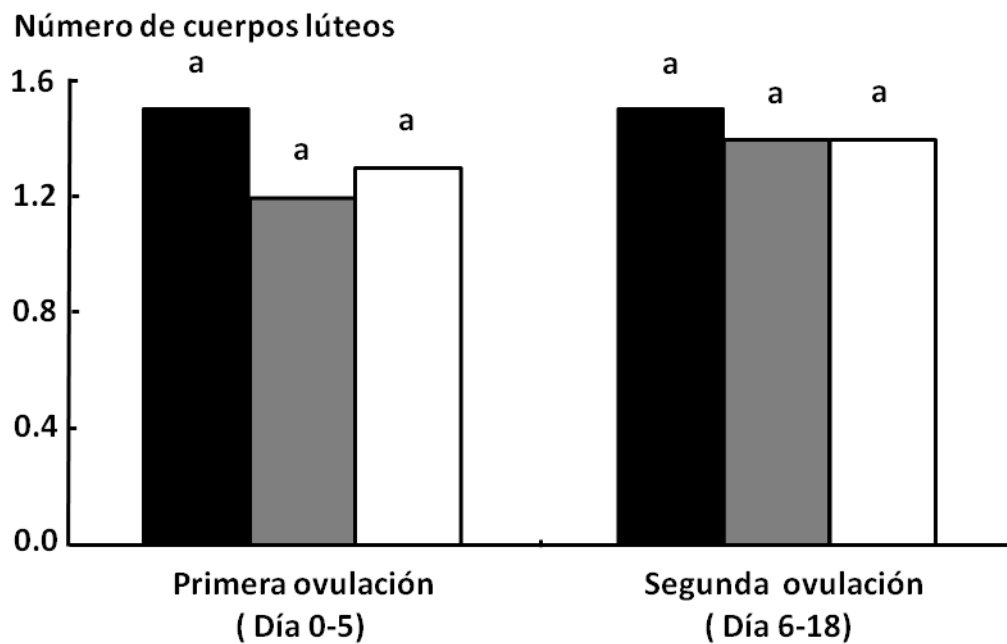


FIGURA 9. Tasa ovulatoria de las hembras al día 6 y 18 después de ser puestas en contacto con machos bien alimentados (■), machos complementados (▒) y machos subalimentados (□).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que un complemento alimenticio proporcionado al final del tratamiento fotoperiódico de días largos en los machos subalimentados mejora su respuesta sexual, así como su habilidad para estimular la actividad ovulatoria de las cabras anéstricas mediante el efecto macho. En efecto, el complemento alimenticio ofrecido a los machos que se encontraban en un estado de subalimentación (condición corporal de 1.5) mejoró en primer lugar la condición corporal de los machos a partir de febrero. Este incremento en la condición corporal, permitió que los machos que recibieron el complemento, manifestaran una intensa actividad sexual (incremento en el comportamiento sexual, incremento en la circunferencia escrotal, concentraciones de testosterona y la intensidad de olor) superior a los machos que no recibieron compensación alimenticia y similar a lo registrado en los machos bien alimentados. Lo anterior coincide con los estudios de Walkden-Brown *et al.* (1993), quienes demostraron que cuando se mejora la alimentación en los machos cabríos estos despliegan una actividad sexual más intensa y son capaces de estimular un mayor número de cabras anovulatorias que los machos subalimentados. De igual manera, los resultados de nuestro estudio son similares a estudios realizados en carneros Corriedale en Uruguay (32° S) donde una complementación alimenticia durante la primavera, periodo de reposo sexual, incremento la pulsatilidad de LH y la circunferencia escrotal más rápido que en los machos mantenidos con una dieta de mantenimiento (Pérez-Clariget *et al.*, 1998).

Por otro lado, la respuesta encontrada en los machos bien alimentados de nuestro estudio coinciden y son consistentes con la mayoría de los estudios realizados anteriormente en la Comarca Lagunera donde se utiliza el modelo de machos tratados para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Luna-Orozco *et al.*, 2008). En todos los estudios, los machos tratados con días largos responden al tratamiento y muestran una actividad sexual más intensa que los que los machos no tratados (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas *et al.*, 2007). Lo anterior demuestra una vez más que el tratamiento de días largos artificiales es un método muy efectivo para estimular la actividad sexual de los machos y estos a su vez representan un estímulo muy fuerte que permite la inducción de las hembras durante el anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2006; 2009).

La respuesta de los machos cabríos subalimentados fue inferior a la mostrada por los machos bien alimentados y por los machos complementados. Lo anterior es consistente con estudios realizados en los machos cabríos Cashmere de Australia (28° S), donde se ha demostrado que una subalimentación provoca un retraso en el inicio de la actividad sexual, indicado por un tardío incremento del peso testicular, de la secreción de testosterona y del olor sexual en comparación con los machos bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Sin embargo, a pesar del estado de desnutrición pobre, estos machos respondieron al tratamiento fotoperiódico. Lo anterior demuestra que aun cuando estos

machos se encontraban en una condición corporal baja, tuvieron la capacidad responder al tratamiento fotoperiódico. Ello demuestra que el fotoperiodo es el factor más importante en la regulación de la actividad sexual de estas especies estacionales y es probable que en estos machos, el fotoperiodo tenga una influencia mayor que la alimentación sobre la actividad sexual, así como se propuso para las razas originarias de las zonas templadas (Malpaux et al., 1999; Delgadillo *et al.*, 2009).

CONCLUSIONES

En conjunto estos resultados indican que un complemento alimenticio proporcionado al final del tratamiento de días largos a los machos cabríos subalimentados mejora su respuesta endocrina y sexual, así como su habilidad para estimular la actividad ovulatoria de las cabras durante el periodo de reposo sexual.

LITERATURA CITADA

- Amoah, E. A. 1996. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *J. Anim. Sci.* 1996. 74:723-728.
- Almeida G., Pelletier J. 1988. Abolition of the seasonal testis changes in the Ile-de-France ram by short light cycles: relationship to luteinizing hormone and testosterone release. *Theriogenology*. 29, 681-691.
- Álvarez, L., Zarco, L.A. 2001. Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Vet. Méx.* 32:117-129.
- Bronson, F. 1989. Seasonal strategies: Ultimate factors. In: FH Bronson (Ed.), *Mammalian Reproductive Biology*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 28-59.
- Boukhliq, R., Martin, G.B. 1997. Nutrition and reproduction in the ram in a Mediterranean environment; Seminar of the FAO-CIHEAM Network of Cooperative Research on Sheep and Goats, Subnetwork on Nutrition. 24:227-232.
- Blache, D., Chagas, M.I., Blacberry, A.M., Vercoe, P.E., G.B. 2000. Metabolic factors affecting the reproductive axis in male sheep. *J. Reprod. Fertil.* 120:1-11.
- Bedos, M., Flores, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Keller, M., Malpoux, B., Poindron, P., Delgadillo, J.A. 2010. Four hours of daily contact with sexually active males is sufficient to induce fertile ovulation in anestrus goats. *Horm. Behav.* 58:473-477.
- Chemineau, P. 1983. Effects on oestrus and ovulation of exposing Creole goats to the male at three times of the year. *J. Reprod. Fertil.* 67:65-72.
- Chemineau, P., Normant, E., Ravault, J.P., Thimonier, J. 1986. 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. Fertil.* 78:497-504.
- Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats-Review. *Livest. Prod. Sci.* 17:135-147.

- Claus, R., Over, R., Denhnhard, M. 1990. Effect of male odour on LH secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrous goats. *Anim. Reprod. Sci.* 22:27-38.
- Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., Delgadillo, J.A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin. Res.* 8:299-312.
- Cruz-Castrejón, U., Véliz, F.G., Rivas-Muñoz, R., Flores, J.A., Hernández, H., Duarte, G. 2007. Response of sexual activity in male goats under grazing conditions to food supplementation and artificial long day treatment. *Téc. Pecu. Méx.* 45:93-100.
- Chemineau P., Malapux B., Guérin Y., Maurice F., Daveau J., Pelletier J. Lumiere et mélatonine pour la maîtrise de la reproduction des ovins et des caprins. *Ann. Reprod. Sci.* 30, 157-185.
- Chemineau, P., Baril, G., Leboeuf, B., Maurel, M.C., Roy, F., Pellicer-Rubio, M., Malpaux, B., Cognie, Y. 1999. Implications of recent advances in reproductive physiology for reproductive management of goats. *J. Reprod. Fertil.* 54:129-142.
- Chemineau, P., Malpaux, B., Brillard, J.P., Fostier, A. 2007. Seasonality of reproduction and production in farm fishes, birds and mammals. *Animal.* 1:419-432.
- Devenson S.L., FORSYTH I. A., Arendt J. 1992. Induced out-of-season-breeding in British Saanen dairy goats: use of artificial photoperiods and/or melatonin administration. *Anim. Reprod. Sci.* 29, 1-15.
- Delgadillo J. A., Chemineau P. 1992. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. *J. Reprod. Fert.* 94,45-55.
- Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpaux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology.* 52:727-737.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A, Véliz, F.G., Hernandez, 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., Flores, J.A., Veliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, 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.

Delgadillo, J.A., Córtez, M.A., Duarte, G., Chemineau, P., Malpaux, B. 2004. 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., Flores, J.A., Veliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Hernández, H., Fernández, I. 2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reprod. Nutr. Dev.* 46:391-400.

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.

Duarte, G., Flores, J.A., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domest. Anim. Endocrinol.* 35:362-370.

Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A., Martin, G.B. 2009. The male effect in sheep and goats-Revisiting the dogmas. *Behav. Brain. Res.* 200:304–314.

Duarte, G., Nava-Hernández, M.P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Anim. Reprod. Sci.* 120:65-70.

Fabre-Nys, C. 2000. “Le comportement sexuel des caprins: contrôle hormonal et facteurs sociaux”. *INRA Prod. Anim.* 13:11-23.

Fernández, I.G., Luna-Orozco, J.R., Vielma, J., Duarte, G., Hernández, H., Flores, J.A., Gelez, H., Delgadillo, J.A. 2011. Lack of sexual experience does not reduce the responses of LH, estrus or fertility in

anestrous goats exposed to sexually active males *Horm. Behav.* 60:484–488.

Flores, J.A., Véliz, F.G., Pérez-Villanueva, J.A., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biol. Reprod.* 62:1409-1414.

Flores, J.A., Lèmiere, A., Secundino, S., Hernández, H., Duarte, G., Vielma, J., Delgadillo, J.A. 2010. Effect of body condition on response of male goats to artificial long-day treatment. *Proc. 61st. Annual Meeting of the European Association for Animal Production.* 23-27 August. Heraklion, Grece. P112.

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.* 116:85-94.

Forcada, F., Abecia, J.A. 2006. The effect of nutrition on the seasonality of reproduction in ewes. *Reprod. Nutr. Dev.* 46:355-365.

Girard, L. 1813. Moyens employés avec succès, par M. Morel de Vindé, Membre de la Société d'Agriculture de Seine et Oise, pour obtenir, dans le temps le plus court possible, la fécondation du plus grand nombre des brebis portières d'un troupeau. *Ephémérides de la Société d'Agriculture du Département de l'Indre pour l'An 1813* Séance du 5 September, VIII Cahier, Château-Roux, Département de l'Indre, VII, 66-68.

Henniawati., Fletcher, I. C. 1986. Reproduction in Indonesian sheep and goats at two levels of nutrition. *Anim. Reprod. Sci.* 12:77-84.

Hawken, P.A., Evans, A.C., Beard, A.P. 2008. Prior exposure of maiden ewes to rams enhances their behavioural interactions with rams but is not a pre-requisite to their endocrine response to the ram effect. *Anim. Reprod. Sci.* 108:13-21.

Iwata, E., Kikusui, T., Takeuchi, Y., Mori, Y. 2003. Substances derived from 4-Ethyl octanoic acid account for primer pheromone activity for the "male effect" in goats. *J. Vet. Med. Sci.* 65:1019-1021.

- Khaldi, G., 1984. Variation saisonnières de l'activité ovarienne, du comportement d'oestrus et la durée de l'anoestrus post-partum des femelles ovines de race Barbarine: influences du niveau alimentaire et la présence du male. These de Doctorat. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier, France.
- Kusina, N.T., Chinuwo, T., Hamudikuwanda, H., Ndlovu, L.R., Muzanenhamo, S. 2001. Effect of different dietary energy level intakes on efficiency of estrus synchronization and fertility in Mashona goat does. *Small Rumin. Res.* 39:283-288.
- Lincoln, G.A. and Short, R.V. 1980. Seasonal breeding: Nature's contraceptive. *Rec. Prog. Horm. Res.* 36:1-52.
- Luna-Orozco, J.R., Fernández, I.G., Gelez, H., Delgadillo J.A. 2008. "Parity of female goats does not influence their estrous and ovulatory response to the male effect. *Anim. Reprod. Sci.* 106: 352-360.
- Mellado, M., Vera, A., Loera, H. 1994. Reproductive performance of crossbred goats in good or poor body condition exposed to bucks before breeding. *Small Rumin. Res.* 14:45-48.
- Malpoux, B., Viguié, C., Skinner, D.C., Thyéry, J.C., Chemineau, P. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Res. Bull.* 44:431-438.
- Malpoux, B., Thiéry, J.C., Chemineau, P. 1999. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Nutr. Reprod. Dev.* 39:355-366
- Malpoux, B. 2006. Seasonal regulation of reproduction in mammals. In: Knobil and Neill's. *Physiology of Reproduction*, Third Edition, Ed. JD Neill. Amsterdam: Elsevier. 2231-2281.
- Martin, G.B., Oldham, C.M., Cognié, Y., Pearce, D.T. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams: a review. *Lives. Prod. Sci.* 15:219-247.
- Martin, G.B., Walkden-Brown, S.W. 1995. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 49:437-449.
- Martin, G.B., Tjondronegoro, S., Boukhliq, R., Blackberry, M.A., Briegel, J.R., Blache, D. 1999. Determinants of the annual pattern of reproduction in mature male Merino and Suffolk sheep: modification

of endogenous rhythms by photoperiod. *Reprod. Fertil. Dev.* 11:355-366.

Martin, G.B. 2002. Socio-sexual signal and reproduction in mammals: an overview. *Curso internacional sobre feromonas y bioestimulación sexual*. F.M.V.Z. U.N.A.M. México. D.F. pp 11-28.

Martin, G.B., Rodger, J., Blache, D. 2004. Nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants. *Reprod. Fertil. Dev.* 16: 491-501.

Oldham, C.M., Adams, N.R., Gherardi, P.B., Lindsay, D.R., Mackintosh, J.B. 1978. The influence of level of feed intake on sperm producing capacity of testicular tissue in the ram Australian. *J. Agric. Res.* 29:173-179.

Prandi A., Romagnoli G., Chiesa F., Tamanini C. 1987 Plasma prolactin variations and onset of ovarian activity in lactating anestrous goats given melatonin. *Anim. Reprod. Sci.*, 13, 291-297.

Perkins, A., Fitzgerald, J.A. 1994. The behavioral component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *J. Anim. Sci.* 72:51-55.

Pointron, P., Cognié, Y., Gayerie, F., Orgeur, P., Oldham, C.M., Ravault, J.P. 1980. Changes in gonadotropins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol. Behav.* 25:227-236.

Price, E.O., Smith, V.M., Katz, L.S. 1986. Stimulus conditions influencing self-urination, genital grooming and flehmen in male goats. *Anim. Behav. Sci.* 16:371-381.

Pelletier J., Almeida G. 1987. Short light cycles induce persistent reproductive activity in II- de. France rams. *J. Reprod. Fert.* 34, 215-226.

Pearce, D.T. y Oldham, C.M. 1988. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *J. Reprod. Fertil.* 84:333-339.

Pérez-Clariget, R., Bermúdez, J., Anderson, R., Burgueño, J. 1998. Influence of nutrition on testicular growth in Corriedale rams during spring. *Reprod. Nutr. Dev.* 38:529-538.

- Restall, B.J. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 27:305-318.
- Rosa, H.J.D., and Bryant, M.J. 2002. The "ram effect" as a way of modifying the reproductive activity in the ewe. A review. *Small Rumin. Res.* 45:1-16.
- Rivera, G., Alanis, G., Chaves, M., Ferrero, S., Morello, H. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. *Small Rumin. Res.* 48:109-117.
- Rivas-Muñoz, R., Fitz-Rodríguez, G., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *J. Anim. Sci.* 85:1257-1263.
- Sáenz-Escárcega P., Hoyos G., Salinas H., Martínez N., Espinoza J., Gurrero A., Contreras E. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productos cooperantes. Memorias de evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. Coah. Méx. INIFAP-CIID. 24-34.
- Shelton, M. 1960. Influence of the presence of a male goat on the initiation of estrous cycling and ovulation of Angora does. *J. Anim. Sci.* 19:368-375.
- Shelton, M. 1980. Goats: influence of various exteroceptive factors on initiation of estrus and ovulation. *Inter. Goat. Sheep. Res.* 1:156-162.
- Signoret, J.P. y Lindsay, D.R. 1982. The male effect in domestic mammals: effect on LH secretion and ovulation: importance of olfactory cues. In: *Olfaction and Endocrine Regulation*. Ed W. Breipohl. IRL press, London, UK. pp 63-72.
- Thiery, J.C., Chemineau, P., Hernandez, X., Migaud, M., Malpoux, B. 2002. Neuroendocrine interactions and seasonality. *Domest. Anim. Endocrinol.* 23:87-100.
- Underwood, E.J., Shier, F.L., Davenport, N. 1944. Studies in sheep industry in Western Australia. V. The breeding season of Merino crossbred and British breed in the agricultural districts. *J. Dep. Agric. West. Aust.* 11:135-143.

- Ungerfeld, R., Forsberg, M., Rubianes, E. 2004. Overview of the response of anoestrous ewes to the ram effect. *Reprod. Fertil. Dev.* 16:479-490.
- Vielma, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2009. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrous female goats. *Horm. Behav.* 56:444-449.
- Véliz, 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.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Henniawati, R. 1993. The male effect in the Australian cashmere goat. 2. Role of olfactory cues from the male. *Anim. Reprod. Sci.* 32:55-67.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B. 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian Cashmere goats. *J. Reprod. Fertil.* 102:351-360.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.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 oestrus does. *J. Reprod. Fertil.* 100: 521-531.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J. 1996. Environmental and social factors affecting reproduction. *Proc. 6th Int. Conf. Goats.* 6-11 May, Beijing, China. Vol: 2. 762-775.
- 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.
- Wright, P.J., Geytenbeek, P.E., Clarke, I.J. 1990. The influence of nutrient status of post-partum ewes on ovarian cyclicity and on the oestrous and ovulatory responses to ram introduction. *Anim. Reprod. Sci.* 23: 293-303.
- Zarazaga. 1994. Reactivación de la actividad ovárica e hipofisiaria tras el parto en ovejas de la reducida estación sexual: influencia de la aplicación

de melatonina exógena y el plano de alimentación tras el destete. Vet. Zaragoza. España 334 p.

Zarazaga, L.A., Guzmán, J.L., Domínguez, C., Pérez, M.C., Prieto, R. 2005. Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. Anim. Reprod. Sci. 87:253–267.