

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**RESPUESTA SEXUAL DE LOS MACHOS CABRÍOS
SUPLEMENTADOS AL FINAL DEL TRATAMIENTO
FOTOPERIÓDICO DE DÍAS LARGOS ARTIFICIALES**

POR:

OMAR AARÓN MONTALVO MONTALVO

TESIS:

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2011.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**RESPUESTA SEXUAL DE LOS MACHOS CABRÍOS
SUPLEMENTADOS AL FINAL DEL TRATAMIENTO
FOTOPERIÓDICO DE DÍAS LARGOS ARTIFICIALES**

TESIS

POR

OMAR AARÓN MONTALVO MONTALVO

ASESOR PRINCIPAL

Una firma manuscrita en tinta negra que se extiende sobre una línea horizontal.

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2011.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**RESPUESTA SEXUAL DE LOS MACHOS CABRÍOS
SUPLEMENTADOS AL FINAL DEL TRATAMIENTO
FOTOPERIÓDICO DE DÍAS LARGOS ARTIFICIALES**

TESIS

POR:

OMAR AARÓN MONTALVO MONTALVO

ASESOR PRINCIPAL



DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO



**Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

PRESIDENTE DE JURADO



DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

VOCAL



DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

VOCAL



DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

VOCAL SUPLENTE



DR. GERARDO DUARTE MORENO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**RESPUESTA SEXUAL DE LOS MACHOS CABRÍOS
SUPLEMENTADOS AL FINAL DEL TRATAMIENTO
FOTOPERIÓDICO DE DÍAS LARGOS ARTIFICIALES**

POR:

OMAR AARÓN MONTALVO MONTALVO

**Elaborada bajo la supervisión del comité particular de
asesoría:**

ASESOR PRINCIPAL:

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

ASESORES

DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

DR. GERARDO DUARTE MORENO

DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2011.

DEDICATORIA

A DIOS

Por darme la oportunidad de existir y estudiar una carrera y la dicha de ser Médico Veterinario Zootecnista, también te agradezco por poner a mí alrededor una gran familia y grandes amigos que me quieren y aprecian, gracias dios por darme la fortaleza y la inteligencia de seguir siempre adelante y estar conmigo.

A mis padres

Reynaldo Montalvo Pérez y Florencia Montalvo Castillo

Por sus consejos, por su gran cariño, comprensión, apoyo económico, confianza en mí y por todo el apoyo incondicional en todo lo que he realizado y por estar conmigo en los momentos difíciles y alcanzar mis metas como esta, que gracias a ustedes estoy concluyendo hoy mis estudios. Gracias por ser mis padres.

A mi abuelita

Herminia Pérez Nieto

Por todos tus consejos, cariño y gran apoyo incondicional en todo el trayecto de mi vida y por ser una buena abuelita, te quiero y te llevo en mi corazón.

A mis hermanos

Oscar R., Olga, Graciela, Bulmaro R., Nelson U., Sarai Y., Narmi N., Mariela.

Por su gran cariño, compañía cuando estamos juntos y por ser grandes hermanos y motivos para seguir adelante, agradezco principalmente a mi hermano Oscar Reynaldo por sus consejos y gran apoyo incondicional y por ayudarme a levantarme de momentos difíciles, los quiero de corazón a todos ustedes hermanos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la dicha de tener la oportunidad de dar un paso más en esta vida, que es un gran logro y una gran profesión, realizarme como persona y como individuo. Por darme la sabiduría suficiente para lograr mi objetivo y sobre todo la paciencia para estar en mi carrera, gracias Señor.

Al Dr. José Alfredo Flores Cabrera. Por ser profesor, amigo y mi asesor, por brindarme su tiempo y la oportunidad de trabajar para realizar esta tesis y así obtener mi título.

Al Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez. Por su valioso apoyo y colaboración para la realización de esta tesis.

Al Dr. Gerardo Duarte Moreno. Por su amistad, enseñanza y la corrección de esta tesis.

Al Dr. Horacio Hernández Hernández. Por su enseñanza, colaboración y corrección de esta tesis.

Al Dr. Jesús Vielma Sifuentes. Por su valiosa cooperación en el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Gonzalo Fitz Rodríguez. Por su amistad, por compartir sus conocimientos conmigo y sobre todo por su apoyo y aportaciones para la realización de esta tesis.

Al M.V.Z. Sergio Secundino Méndez por su gran apoyo y aportaciones en la redacción de esta tesis.

A mi ALMA TERRA MATER por haberme cobijado estos 5 años por ser la institución que me dio la oportunidad de lograr esta meta, una carrera profesional y por tantas experiencias vividas.

A mi novia Irene González Sánchez por su gran apoyo incondicional, comprensión, consejos y compartir su vida en los últimos meses de la carrera.

A todos mis amigos, por su valiosa amistad y consejo en estos cinco años de carrera; Ángel Ríos, Juan Luis Vilchis, Fernando Gutiérrez, Pedro Antonio, Fernando Antonio y Domingo Díaz.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
1. Estacionalidad reproductiva de los caprinos.....	3
2. Efecto de la nutrición en la actividad reproductiva de los machos	4
3.- Importancia del comportamiento sexual de los machos.....	5
4.- Inducción de la actividad sexual de los machos.....	6
OBJETIVO.....	8
HIPÓTESIS.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
1.- Localización del experimento.....	9
2. Animales experimentales.....	9
2.1 Machos	9
3. Variables determinadas	10
3.1. Peso corporal	10
3.2. Condición corporal.....	10
3.3. Circunferencia escrotal	11
3.4 Intensidad del olor.....	11
4. Análisis de datos	11
RESULTADOS	13
1. Peso corporal	13
2. Condición corporal.....	13
3. Circunferencia escrotal.....	16
4. Intensidad de olor	16

DISCUSIÓN.....	19
CONSLUSIÓN	21
LITERATURA CITADA.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución del peso corporal promedio (\pm EEM) durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), de los machos subalimentados (◐) y de los machos complementados (■). Los tres grupos fueron tratados con días largos artificiales del 1 de noviembre al 15 de enero. El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero hasta el 30 de mayo (■). **14**

Figura 2.. Evolución de la condición corporal promedio (\pm EEM) durante todo el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), de los machos subalimentados (◐) y aquellos que recibieron un complemento alimenticio (■). Los machos de los tres grupos fueron tratados con días largos artificiales del 1 de noviembre al 15 de enero. El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero hasta el 30 de mayo (■). **15**

Figura 3. Variaciones promedio (\pm EEM) de la circunferencia escrotal durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), de los machos subalimentados (◐) y de los machos que recibieron un complemento alimenticio del 16 de enero al 30 de mayo (■). Tiempo en el cual los machos fueron complementados (■). **17**

Figura 4.. Variaciones promedio (\pm EEM) de la intensidad del olor durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), de los machos subalimentados (◐) y de los machos que recibieron un complemento alimenticio (■). Los tres grupos fueron tratados con días largos artificiales del 1 de noviembre al 15 de enero. El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero al 30 de mayo (■). **18**

RESUMEN

El presente estudio se realizó para determinar la respuesta sexual de los machos cabríos subalimentados que recibieron un complemento alimenticio al final del tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales. Se utilizaron 14 machos cabríos Criollos adultos, divididos en tres grupos. Estos animales fueron alojados en instalaciones abiertas. Un grupo de machos (Subalimentados; n=4) fueron alimentados con una dieta a base de alfalfa y avena de tal manera que mantuvieran una condición corporal de 1.5 durante todo el estudio. Otro grupo de machos (Bien alimentados; n=6) 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 3.5 durante todo el estudio. 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 proporciono 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. Todos los machos se sometieron al tratamiento de días largos artificiales (16 horas de luz/día) del 1 de Noviembre y al 15 de Enero. En los tres grupos se determinó el peso corporal, la condición corporal, circunferencia escrotal y el olor de los machos cada 15 días durante todo el estudio (1 de noviembre-30 de mayo). El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución del peso corporal, condición corporal, circunferencia escrotal e intensidad del olor ($P < 0.01$), así como una interacción grupo x tiempo del estudio en estas variables ($P < 0.01$). Durante todo el estudio, el peso corporal del grupo bien alimentado fue superior al peso corporal de los machos subalimentados y los machos complementados. En los machos complementados el peso corporal se incrementó a partir del 30 de enero y fue superior al grupo de machos subalimentados a partir del 30 de marzo y así se mantuvo por el resto del estudio. La condición corporal del grupo bien alimentado fue mayor a la condición corporal de los machos subalimentados y suplementados durante todo el estudio (1 de noviembre-30 de mayo). En el grupo complementado, la condición corporal se incrementó a partir del 30 de enero y fue

diferente ($P < 0.01$) del grupo subalimentado desde del 15 de marzo hasta el final del estudio. En cuanto a la circunferencia escrotal, en el grupo bien alimentado esta variable se incrementó a partir de mediados de febrero y su nivel más alto se registró el 28 de febrero. Al contrario en el grupo subalimentado, esta variable se incrementó a partir del 1 de marzo y sus valores más altos fueron hasta el 30 de mayo que fue el final del estudio. De igual manera en el grupo complementado, la circunferencia escrotal se incrementó a partir del 1 de marzo y su nivel más alto se registró el 30 de abril, un mes antes que en el grupo subalimentado. La intensidad del olor se incrementó a partir del 15 de enero en el grupo bien alimentado y su valor máximo se registró el 30 de marzo para posteriormente disminuir gradualmente. En el grupo subalimentado el olor se incrementó a partir del 15 de marzo y su máximo valor fue registrado el 30 de Mayo. De igual manera, en el grupo complementado, el olor se incremento a partir del 15 de marzo y su máximo nivel fue el 30 de abril, un mes antes que en el grupo subalimentado. Los resultados del presente estudio demuestran que un complemento alimenticio a partir del día siguiente del final del tratamiento fotoperiódico (16 de enero-30 de mayo) con días largos artificiales mejora la respuesta sexual de los machos cabríos subalimentados a dicho tratamiento.

Palabras clave: Machos cabríos, días largos, complementación alimenticia, actividad sexual, nutrición.

INTRODUCCIÓN

En el territorio nacional se explotan aproximadamente 9 millones de caprinos, y un porcentaje importante se encuentra en la Comarca Lagunera (5 %) (SAGARPA, 2005). En esta región, predomina el ganado criollo (90%) y la mayoría de los caprinos se explotan en condiciones extensivas (Cruz-Castrejon *et al.*, 2007). Los caprinos de la región se caracterizan por manifestar marcadas variaciones en su actividad reproductiva, es decir, un periodo de intensa actividad sexual seguido por un periodo de reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 2008). En los machos, el periodo de reposo sexual es registrado de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999) y en las hembras se observa de marzo a agosto (Duarte *et al.*, 2008). Existen factores como la nutrición y las relaciones socio-sexuales que pueden modificar la actividad sexual anual de esta especie. Por ejemplo, existen estudios que demuestran tanto en machos como en las hembras que 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.*, 2003). De igual manera, existen estudios que indican que la respuesta en los machos cabríos a los tratamientos fotoperiódicos para estimular su actividad sexual, es baja en los machos subalimentados que en los machos bien alimentados (Martin *et al.*, 1999).

Por otro lado, en la Comarca Lagunera se ha demostrado que la actividad sexual de los machos 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. A su vez, estos machos sexualmente activos son muy eficientes para estimular, mediante un fenómeno conocido como efecto macho, la actividad estral y ovulatoria de las cabras durante el periodo de anestro (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). Estudios más recientes demostraron que los machos subalimentados responden al tratamiento fotoperiódico descrito anteriormente pero de una manera retardada y en menor intensidad que los machos bien alimentados (Flores *et al.*, 2010). Estos resultados indican que el

nivel de alimentación de los machos influye en la calidad de la respuesta de los machos al tratamiento fotoperiódico. Por ello, es necesario determinar si un complemento alimenticio al final del tratamiento fotoperiódico de días largos puede mejorar la respuesta sexual de los machos cabríos sometidos a dicho tratamiento.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Estacionalidad reproductiva de los caprinos

En la mayoría de las razas caprinas originarias de zonas templadas o subtropicales cuando los machos permanecen en contacto con las hembras, los partos ocurren únicamente durante algunos meses en el año. Lo anterior es debido a una marcada estacionalidad reproductiva que se registra tanto en las hembras como en los machos (Restall, 1992; Rivera *et al.*, 2003; Delgadillo *et al.*, 2003). Los machos ovinos presentan variaciones importantes de su actividad sexual a lo largo del año. Por ejemplo, la actividad espermatogénica de los carneros Ile-de-France, es más elevada en el verano e inicio del otoño que al final del invierno y durante la primavera. De igual manera, los machos ovinos producen más espermatozoides anormales y en los machos cabríos la motilidad progresiva de los espermatozoides es más baja, durante la primavera que en otoño. Lo anterior provoca una reducción muy marcada de la fertilidad de los machos en las dos especies (Corteel, 1977; Colas, 1980, 1981). En el norte subtropical de México, los machos cabríos locales también presentan variaciones importantes en su actividad reproductiva anual. En estos machos la estación sexual se desarrolla de mayo a diciembre y durante ese periodo los machos manifiestan un intenso comportamiento sexual, un intenso olor y elevadas concentraciones de testosterona plasmática. En cambio, en el periodo de reposo sexual, el cual se observa de enero a abril, estas mismas variables disminuyen notablemente (Delgadillo *et al.*, 1999).

Las hembras también presentan un periodo de reposo sexual o anestro seguido por un periodo de actividad sexual en el cual ocurren ciclos estrales y ováricos de 21 días de duración en promedio, en cabras y de 17 días en ovejas (Cerna *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2008). En el hemisferio norte por ejemplo, el período natural de reproducción de las cabras de las razas Alpina y Saanen, se desarrolla de septiembre a febrero (otoño e invierno; Chemineau *et al.*, 1992). En

el norte de México, la estación sexual de las cabras locales se desarrolla de septiembre a marzo, mientras que el periodo de anestro ocurre entre marzo y agosto (Duarte *et al.*, 2008).

Algunos estudios han demostrado que la duración del día (fotoperiodo) es utilizada por estas 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. Efecto de la nutrición en la actividad reproductiva de los machos

Los efectos de la nutrición sobre la reproducción son bien conocidos y ampliamente difundidos en numerosos estudios. Estos efectos se registran tanto en rumiantes como en los monogástricos e influyen sobre todos en los aspectos reproductivos desde la gametogénesis hasta la pubertad, gestación, lactancia, etc. Los efectos a corto plazo o inmediato (menos de diez días) en el cambio en la alimentación no modifican la condición corporal, pero sí la actividad del eje hipotálamo-hipofisiario, induciendo un incremento de dos a tres veces más en la pulsatilidad de LH (Boukhliq y Martin, 1997). En cambio, los efectos a largo plazo (más de tres semanas), además de actuar sobre este eje hipotálamo-hipofisiario, modifican la condición corporal, el peso corporal, el crecimiento testicular y la producción espermática (Oldham *et al.*, 1978; Blache *et al.*, 2000). 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). En los machos cabríos, la alimentación tiene gran importancia en el control del ciclo anual

de la reproducción (Walkden-Brown *et al.*, 1994). 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 sometidos a una dieta de alta calidad 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 permite un adelanto del inicio de la estación sexual (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Martin y Walkden-Brown, 1995). De igual manera, estudios recientes en la Comarca Lagunera demostraron que los machos subalimentados responden sexualmente al tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos pero de una manera retardada y en menor intensidad que los machos bien alimentados (Flores *et al.*, 2010).

3.- Importancia del comportamiento sexual de los machos

Uno de los principales factores que influyen en la respuesta de las hembras expuestas al efecto macho es el comportamiento sexual mostrado por los machos. En los machos cabríos, el comportamiento sexual es caracterizado por el despliegue de conductas sexuales como el automarcaje, los olfateos anogenitales, el flehmen, las aproximaciones, los intentos de monta y las montas con penetración (Price *et al.*, 1986; Fabre-Nys, 2000). Al respecto, Perkins y Fitzgerald

(1994) demostraron que la intensidad de la conducta sexual desplegada por los machos hacia las hembras, incrementa la intensidad del estímulo y consecuentemente 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 inducen un mayor número de hembras al estro (95%) que los machos con baja libido (78%). De igual modo, en el norte de México, Flores *et al.* (2000) demostraron que los machos locales inducidos a un intensa actividad sexual al ser sometidos a un tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales inducen a un numero mayor de hembras a la actividad sexual (estros y ovulaciones) que en los machos no tratados, los cuales manifiestan muy poca conducta sexual. Estos estudios demuestran que la intensidad del comportamiento sexual manifestada por los machos al ser puestos en contacto con las hembras anovulatorias es el factor más importante para inducir la actividad sexual en las cabras durante anestro.

4.- Inducción de la actividad sexual de los machos

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 que han sido estudiadas hasta la fecha (Malpaux *et al.*, 1997; Delgadillo *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2008; Duarte *et al.*, 2010). Se ha demostrado en condiciones artificiales que los machos ovinos sometidos a cambios rápidos en la duración del día, los días largos inhiben la actividad sexual y los días cortos la estimulan (Lincoln y Short, 1980). 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, los machos ovinos de las razas Merino y Suffolk, mantenidos durante dos años continuos en un fotoperiodo de equinoccio (12 h de luz/día), la circunferencia testicular mostró variaciones similares a las observadas en los animales testigos que percibieron el fotoperiodo natural (Martin *et al.*, 1999). Por ello, para manipular la actividad

sexual de los animales a través de manipulaciones en la duración del fotoperiodo, es necesaria la alternancia de días largos y días cortos o bien la utilización de hormonas exógenas como la melatonina, que simula los efectos de días cortos (Chemineau *et al.*, 1992). Por ejemplo, en los machos cabríos de las razas Alpina y Saanen, la exposición a dos meses de días largos a partir de diciembre o enero seguidos de la aplicación de melatonina, inducen una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo sexual (Chemineau *et al.*, 1999). Un efecto similar es observado en los machos locales de la Comarca Lagunera. En estos animales, la aplicación de 2.5 meses de días largos (16 h de luz/día) a partir del 1 de noviembre, seguidos de la aplicación subcutánea de dos implantes de melatonina (18 mg c/u), permite inducir una intensa actividad sexual durante el periodo natural de reposo (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2009). De igual manera, en los machos cabríos alojados en instalaciones abiertas o cámaras fotoperiódicas, tratados y sometidos al mismo tratamiento descrito anteriormente, los niveles plasmáticos de testosterona, así como las montas, los intentos de montas, aproximaciones y olfateos ano-genitales son superiores a los registrados en los machos testigo (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). Es importante señalar que la sola aplicación de 2.5 meses de días largos estimula la secreción de testosterona, la libido y el comportamiento sexual de manera similar a lo que ocurre en los machos tratados con días largos y melatonina (Delgadillo *et al.*, 2002).

OBJETIVO

Determinar la respuesta sexual de los machos cabríos subalimentados que recibieron un complemento alimenticio al final del tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales.

HIPÓTESIS

Un complemento alimenticio proporcionado a partir del final del tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales (16 de enero-30 de mayo) mejora la respuesta sexual de machos cabríos subalimentados.

MATERIALES Y MÉTODOS

1.- Localización del experimento

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), dentro 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 localizan en la Comarca Lagunera a la latitud de 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 14 machos cabríos Criollos adultos divididos en tres grupos. Estos machos se mantuvieron estabulados en instalaciones abiertas de 10x6 m. Un grupo de machos (Subalimentados; n=4) fue alimentados con una dieta a base de alfalfa y avena de tal manera que mantuvieran una condición corporal de 1.5 durante todo el estudio. Otro grupo de machos (Bien alimentado; n=6) 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 3.5 durante todo el estudio. 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 proporciono un complemento alimenticio consistente 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 (16 de enero-30 de mayo). 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).

3. Variables determinadas

3.1. Peso corporal

El peso corporal fue determinado cada 15 días durante todo el experimento en los tres grupos de machos. Para ello, se utilizó una báscula electrónica móvil con una capacidad de 200 kg y una precisión de 50 grs. Los machos fueron pesados por la mañana antes de proporcionarles el alimento.

3.2. 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 grasa de la región lumbar del animal. Se utilizan valores que van de 1 a 4 donde:

- 1 = Animal completamente descarnado, permitiendo el paso de los dedos entre los espacios espinosos de las vertebrae lumbares.
- 2 = Animal poco descarnado, donde no permite el paso libre de los dedos entre los espacios de las vertebrae lumbares.
- 3 = Animal con una cantidad de masa muscular adecuada.
- 4 = Animal con abundante masa muscular y grasa en la región lumbar lo cual le da una apariencia redondeada.

3.3. Circunferencia escrotal

La circunferencia escrotal fue determinada cada 15 días durante todo el estudio utilizando una cinta métrica flexible graduada en milímetros, ésta variable fue tomada en la parte más ancha de ambos testículos.

3.4 Intensidad del olor

La intensidad del olor fue determinada con la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.* (1994), la cual consiste en oler 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. Esta medición tiene una correlación positiva ($r = 0.71$) con la testosterona plasmática responsable de la actividad sexual de los machos (Walkden-Brown *et al.*, 1994). 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. Análisis de datos

Los datos obtenidos de peso corporal y circunferencia escrotal fueron analizados con un análisis de varianza (ANOVA) considerando dos factores (grupo y tiempo del experimento) y posteriormente la prueba de “t” de Student para comparar los animales de dos grupos en particular. La condición corporal y la

intensidad del olor fueron analizadas con la prueba no paramétrica “U” de Mann-Whitney.

Todas las mediciones de las variables fueron realizadas por los mismos técnicos durante todo el estudio, para evitar diferentes criterios en la medición.

RESULTADOS

1. **Peso corporal**

En la Figura 1 se muestra la evolución del peso corporal promedio (\pm EEM) de los tres grupos de machos durante todo el estudio. El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución del peso corporal ($P < 0.01$), así como una interacción grupo x tiempo del estudio ($P < 0.01$). Durante todo el estudio, el peso corporal del grupo bien alimentado fue superior al peso corporal de los machos subalimentados y los machos complementados. En los machos complementados el peso corporal se incrementó a partir del 30 de enero y este fue estadísticamente superior ($P < 0.01$) al grupo de machos subalimentados que fue a partir del 30 de marzo y así se mantuvo por el resto del estudio.

2. **Condición corporal**

En la Figura 2 se muestra la evolución de la condición corporal promedio (\pm EEM) de los tres grupos de machos durante todo el estudio. El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución de la condición corporal ($P < 0.01$), así como una interacción grupo x tiempo del estudio ($P < 0.01$). En efecto, la condición corporal del grupo bien alimentado fue superior a la condición corporal de los machos subalimentados y complementados durante todo el estudio. En el grupo complementado, la condición corporal se incrementó a partir del 30 de enero y fue diferente ($P < 0.01$) del grupo subalimentado que fue desde del 15 de marzo hasta el final del estudio.

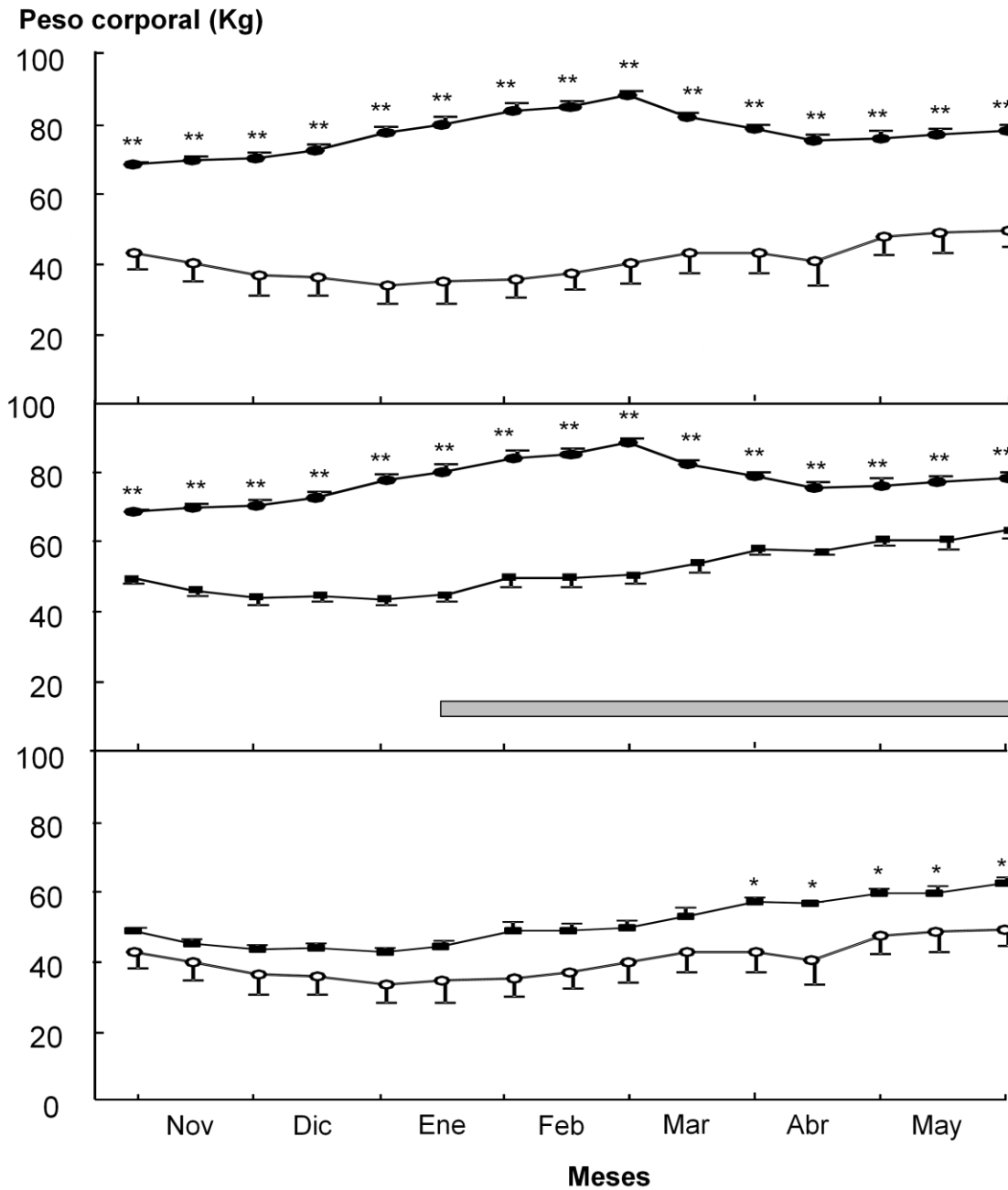


Figura 1. Evolución del peso corporal promedio (\pm EEM) durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), de los machos subalimentados (○) y de los machos complementados (■). Los tres grupos fueron tratados con días largos artificiales del 1 de noviembre al 15 de enero. El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero hasta el 30 de mayo (■). * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

Condición corporal (score 1-4)

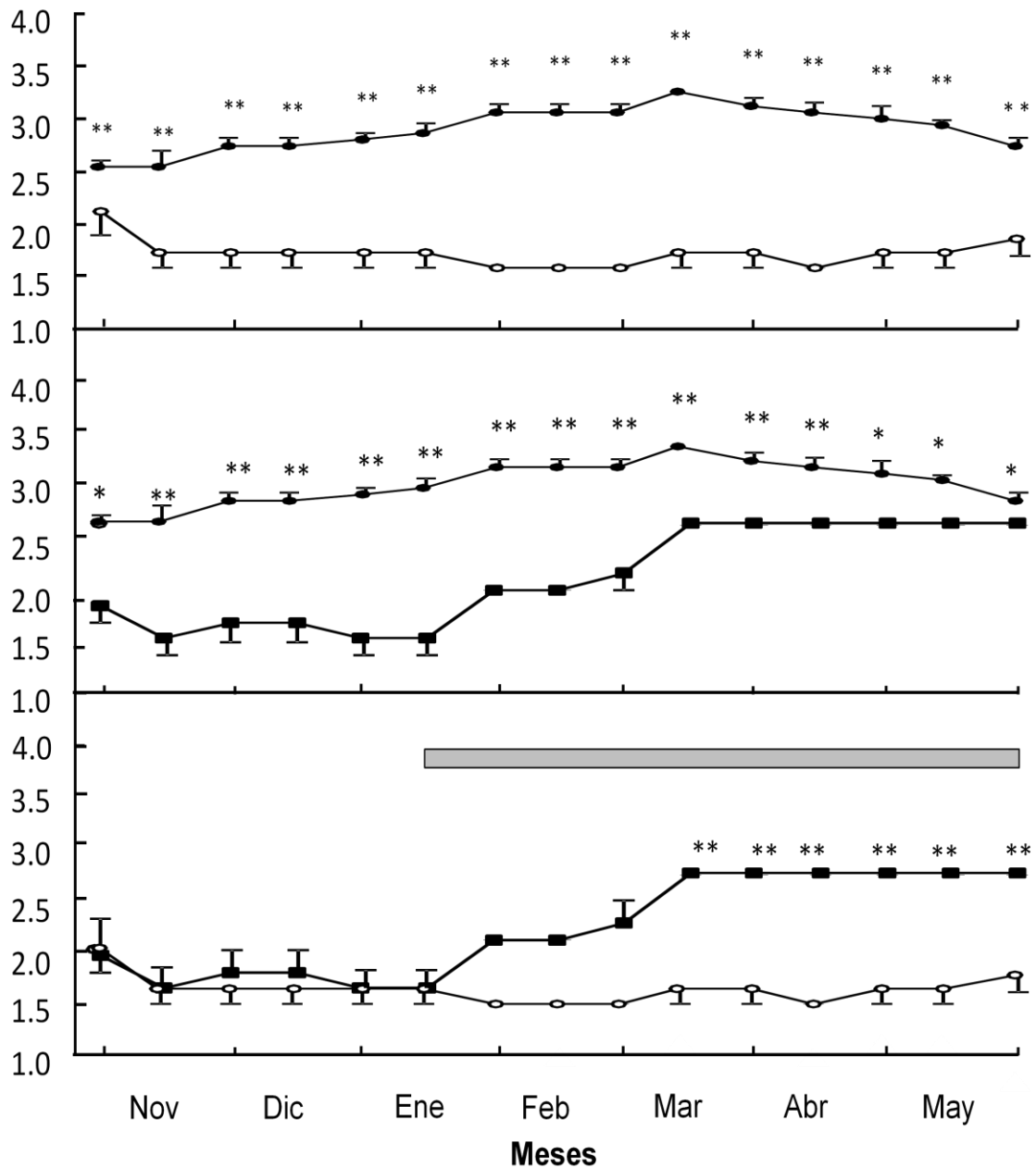


Figura 2. Evolución de la condición corporal promedio (\pm EEM) durante todo el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), de los machos subalimentados (○) y aquellos que recibieron un complemento alimenticio (■). Los machos de los tres grupos fueron tratados con días largos artificiales del 1 de noviembre al 15 de enero. El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero hasta el 30 de mayo (■). * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$.

3. Circunferencia escrotal

En la Figura 3 se muestra la evolución de la circunferencia escrotal promedio de los tres grupos de machos durante todo el estudio. El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución de la circunferencia escrotal ($P < 0.01$), así como una interacción grupo x tiempo del estudio ($P < 0.01$). En el grupo bien alimentado la circunferencia escrotal se incrementó a partir del 1 de febrero y su nivel más alto se registró el 28 de febrero. Al contrario, en el grupo subalimentado, esta variable se incrementó a partir del 1 de marzo y sus valores más altos fueron el 30 de mayo. De igual manera, en el grupo complementado, la circunferencia escrotal se incrementó a partir del 1 de marzo y su nivel más alto se registró el 30 de abril, un mes antes que en el grupo subalimentado.

4. Intensidad de olor

En la Figura 4 se muestra la evolución de la intensidad del olor promedio de los tres grupos de machos durante todo el estudio. El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución de la intensidad de olor ($P < 0.01$), así como una interacción grupo x tiempo del estudio ($P < 0.01$). Como se puede apreciar en la figura, la intensidad del olor se incrementó a partir del 15 de enero en el grupo bien alimentado y su valor máximo se registró el 30 de marzo para posteriormente disminuir gradualmente. En cambio, en el grupo subalimentado el olor se incrementó a partir del 15 de marzo y su máximo valor fue registrado el 30 de Mayo. De igual manera, en el grupo complementado, el olor se incrementó a partir del 15 de marzo y su máximo nivel fue el 30 de abril, un mes antes que en el grupo subalimentado.

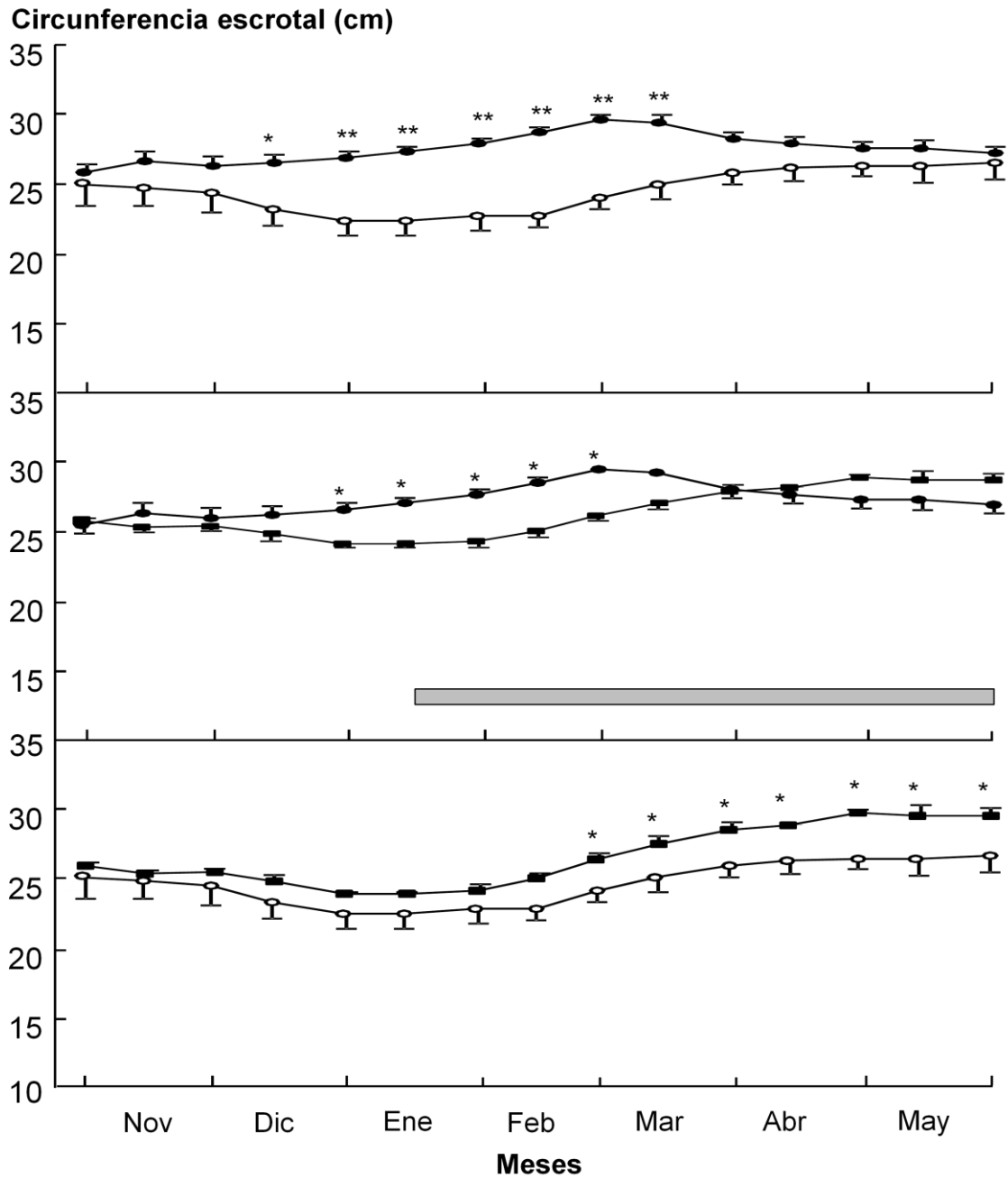


Figura 3. Variaciones promedio (\pm EEM) de la circunferencia escrotal durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), de los machos subalimentados (○) y de los machos que recibieron un complemento alimenticio del 16 de enero al 30 de mayo (■). Tiempo en el cual los machos fueron complementados (■). *P<0.05; **P<0.01.

Intensidad de olor

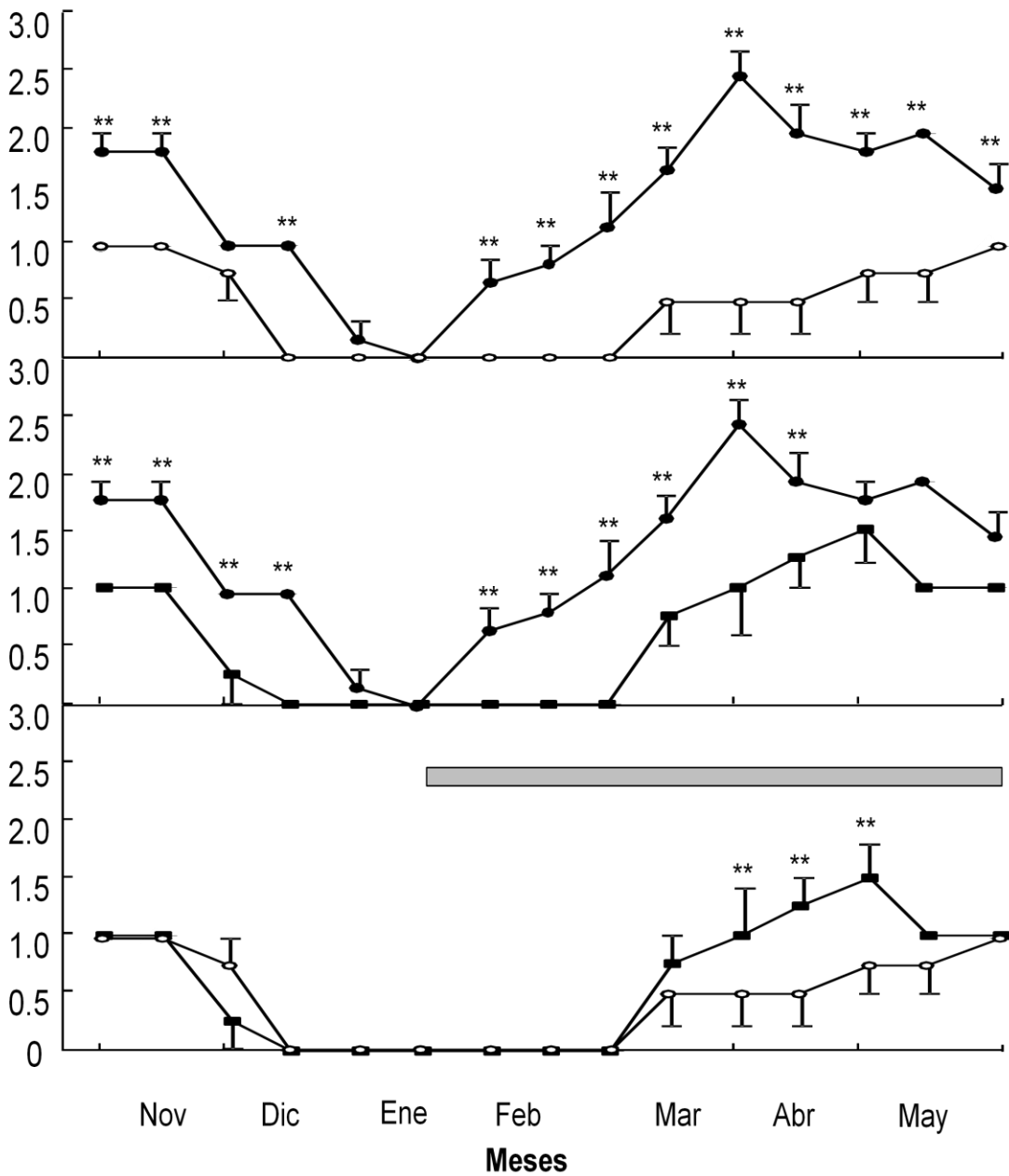


Figura 4. Variaciones promedio (\pm EEM) de la intensidad del olor durante el estudio de los machos cabríos bien alimentados (●), de los machos subalimentados (○) y de los machos que recibieron un complemento alimenticio (■). Los tres grupos fueron tratados con días largos artificiales del 1 de noviembre al 15 de enero. El complemento alimenticio se proporcionó del 16 de enero al 30 de mayo (■). **($P < 0.01$).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten demostrar que un complemento alimenticio proporcionado a partir del final del tratamiento fotoperiódico (16 de enero-30 de mayo) en los machos cabríos subalimentados mejora su respuesta sexual. En efecto, el complemento alimenticio ofrecido a los machos que se encontraban en un estado de subalimentación posiblemente (condición corporal de 1.5) mejoró en primer lugar la condición corporal de los machos a partir de febrero y ello permitió que dichos machos manifestaran una intensa actividad sexual (circunferencia escrotal e intensidad de olor) superior a los machos que no recibieron complementación 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, estos despliegan una actividad sexual más intensa y son capaces de estimular un mayor número de cabras anovulatorias que los machos mal alimentados. De igual manera, existen estudios que demuestran que un incremento en la alimentación o bien una complementación mejora la actividad sexual de los carneros incluso en la época de reposo sexual. Por ejemplo, cuando los carneros Corriedale en Uruguay (32° S) son complementados durante la primavera, periodo de reposo sexual, la pulsatilidad de LH y la circunferencia escrotal se incrementan más rápidamente que en los machos mantenidos con una dieta de mantenimiento (Pérez-Clariget *et al.*, 1998).

La respuesta encontrada en los machos bien alimentados de nuestro estudio coincide y es consistente 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 machos no tratados (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas *et al.*, 2008). 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 intenso 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 concuerda con estudios realizados en 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 de la intensidad olor en comparación con los machos bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Sin embargo, a pesar del estado exacerbado de desnutrición, los machos subalimentados de nuestro estudio respondieron al tratamiento fotoperiódico. Lo anterior demuestra que aún cuando estos machos se encontraban en una condición corporal baja, tuvieron la capacidad de responder al tratamiento fotoperiódico. Lo anterior corrobora una vez más 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; como se propuso para las razas originarias de las zonas templadas (Malpaux *et al.*, 1999).

En conjunto estos resultados indican que al proporcionar un complemento alimenticio a partir del final del tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales en los machos subalimentados mejora la actividad sexual. Sin embargo, sería interesante determinar si estos machos que son complementados nutricionalmente son capaces de inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias de igual manera que los machos bien alimentados.

CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran que un complemento alimenticio proporcionado a partir del final del tratamiento con días largos artificiales mejora la respuesta sexual de los machos cabríos subalimentados a dicho tratamiento fotoperiódico.

LITERATURA CITADA

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.

Boukhliq, R., Martin, G.B. 1997. Nutrition and reproduction in the ram in a Mediterranean environment. *Seminaries Mediterranean; Seminar of the FAO-CIHEAM Network of Cooperative Research on Sheep and Goats, Subnetwork on nutrition.* 34:227-232.

Cerna, C., Zarco, L.A., Valencia, J. 2004. Efecto del fotoperiodo artificial sobre el reinicio de la actividad ovárica posparto en la oveja Pelibuey. *Vet. Méx.* 35:179-185.

Chemineau, P., Baril, G., Leboeuf, B., Maurel, M.C., Roy, F., Pellicer-Rubio, M., Malpoux, B., Cognie, Y. 1999. Implications of recent advances in reproductive physiology for reproductive management of goats. *J. Reprod. Fertil.* 54:129-142.

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.

Colas, G. 1980. Variations saisonnières de la qualité du sperme chez le bélier Ile-de-France. I. Etude de la morphologie cellulaire et de la motilité massale. *Reprod. Nutr. Develop.* 20:1789-1799.

Colas, G. 1981. Variations saisonnières de la qualité du sperme chez le bélier Ile-de-France. II. Fécondance: relation avec les critères qualitatifs observés in vitro. *Reprod. Nutr. Develop.* 21:339-407.

Corteel, J.M. 1977. Production, storage and insemination of goat semen. In: Management of Reproduction in Sheep and Goats Symposium , University of Wisconsin, Madison July. 24-25. p 41-57.

Cruz-Castrejón, U., Véliz, F G., Rivas-Muñoz, R., Flores, JA., Hernández, H., Duarte, G. 2007 Response of sexual activity in male goats under grazing conditions to food supplementation and artificial long day treatment. *Téc. Pec. Méx.* 45:93-100.

Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpoux, 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., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F.G., Carrillo, E., Flores, J.A., Vielma, J., Hernández, H., Malpoux, B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod. Fertil. Dev.* 16:471- 478.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A, Véliz, F.G., Hernandez, H.F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., Malpoux, B. 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificial long days. *J. Anim. Sci.* 80:2780-2786.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpoux, 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., 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., 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.

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.

Flores, J.A., Lemiere, 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-treatment. Proc. of 61st. Annual Meeting of the European Association for Animal Production. 23-27 August. Heraklion, Greece. P112.

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.

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

Malpaux, B. 2006. Seasonal regulation of reproduction in mammals. In: Knobil and Neill's *Physiology of Reproduction*, Third Edition, Ed. JD Neill. Elsevier. Amsterdam. 2231-2281.

Malpaux, B., Viguié, C., Skinner, D.C., Thiéry, J.C., Chemineau, P. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain. Res. Bull.* 4:431-438.

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

Martin, G.B., Tjondronegoro, S., Boukhliq, R., Blackberry, M.A., Briegel, J.R., Blach, 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., Walkden-Brown, S.W. 1995. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 49:437- 449.

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. *Aust. Agric. Res.* 29:173-179.

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

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.

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

Restall, B.J. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 27:305-318.

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.

Thiéry, J.C., Chemineau, P., Hernandez, X., Migaud, M., Malpoux, B. 2002. Neuroendocrine interactions and seasonality. *Domest. Anim. Endocrinol.* 23:87-100.

SAGARPA. 2005. Informe de actividades Económicas en la Comarca Lagunera. El Siglo de Torreón. 1° de Enero. p. 34.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J. 1996. Environmental and social factors affecting reproduction. In: 6th Int. Conf. on Goats, Beijing, Vol. II International Academic Publisher, Beijing. 762-775.

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.

Zarazaga, L.A., Malpoux B., Chemineau P. 2003. Amplitude of the plasma melatonin rhythm is not associated with the dates of anestrus and onset of the seasonal ovulatory activity in the Ile-de-France ewe. *Reprod. Nutr. Develop.* 43:167–177.