

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**EFFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN LA
RESPUESTA DE LOS MACHOS CABRÍOS AL
TRATAMIENTO FOTOPERIÓDICO DE DÍAS LARGOS
ARTIFICIALES**

POR:

ANGEL RIOS REYES

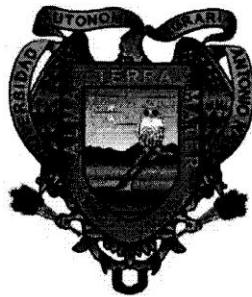
TESIS

**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**



TESIS

**EFFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN LA RESPUESTA DE
LOS MACHOS CABRÍOS AL TRATAMIENTO FOTOPERIÓDICO DE
DÍAS LARGOS ARTIFICIALES**

POR:

ANGEL RIOS REYES

ASESOR PRINCIPAL

Una firma manuscrita en tinta negra, que parece ser la del asesor principal, ubicada 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**



TESIS

**EFFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN LA RESPUESTA DE LOS
MACHOS CABRÍOS AL TRATAMIENTO FOTOPERIÓDICO DE DÍAS
LARGOS ARTIFICIALES**

POR:

ANGEL RIOS REYES

ASESOR PRINCIPAL

Una firma manuscrita que parece ser "J. Flores Cabrera", escrita sobre una línea horizontal.

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Una firma manuscrita que parece ser "R. Simón Alonso", escrita sobre una línea horizontal.

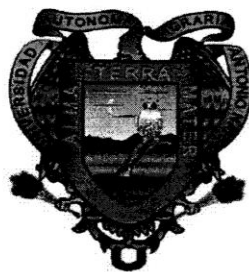


MVZ. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO
Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2011

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



**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
PRESIDENTE DEL JURADO**



DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

VOCAL



DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

VOCAL



DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

VOCAL SUPLENTE



DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2011

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**EFFECTO DE LA CONDICIÓN CORPORAL EN LA RESPUESTA DE LOS
MACHOS CABRÍOS AL TRATAMIENTO FOTOPERIÓDICO DE DÍAS
LARGOS ARTIFICIALES**

POR:

ANGEL RIOS REYES

**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. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2011

DEDICATORIA

A Dios:

Le agradezco a *Dios* por darme la oportunidad de alcanzar un logro más en mi vida. Además de que a pesar de pasar por varias situaciones difíciles en este lapso, él me dio la fuerza para hacerme más fuerte, tomar las cosas de la mejor manera y seguir adelante. Es por ello que le agradezco por todo, ya que él es el único que sabe por qué suceden las cosas.

A mis padres:

Carlos Rios Domínguez y Bárbara Reyes Castillo.

A ustedes les agradezco antes que nada por darme la vida, por darme la dicha de ser su hijo y por darme la educación de la mejor manera que pudieron hacerlo, ya que sin todos esos valores que fomentaron en mí no sería la persona que soy ahora. Es por ello que estoy muy orgulloso de ustedes ya que a pesar de no tener una buena solvencia económica ustedes vieron la manera de sacarme adelante y estar siempre pendiente de mí en este lapso de mi carrera fuera de casa, es por ello que no pienso defraudarlos y espero llegar a desempeñarme de la mejor manera tanto en el campo laboral y como persona, para que puedan sentirse orgullosos de mí.

A mis hermanos:

Carlos Omar, Sergio Alberto y Eduardo.

A ustedes les agradezco por todos aquellos momentos que hemos pasado juntos tanto para bien como para mal, que nos han ayudado a crecer juntos como personas y a mantenernos más unidos. Además les agradezco porque siempre han creído en mí y por motivarme a seguir adelante.

A mis familiares:

Agradezco a toda mi familia tanto por parte de mi papá como de mi mamá por siempre haber creído en mí y por impulsarme a seguir adelante, pero sobre todo le agradezco a mi abuelita *Amalia Castillo Vásquez* que aunque ya no está con nosotros siempre creyó en mí y me brindo todo su apoyo y amor, ahora sé que desde el cielo ella me sigue apoyando y sé que le da mucho gusto que por fin pueda haber terminado mi carrera de la mejor manera.

A mi pareja:

Miriam Vázquez Loperena.

Por haberme dado momentos tan maravillosos y por haberme apoyado durante casi todo el transcurso de mi carrera, gracias por entenderme, apoyarme y por haber estado conmigo en las buenas y en las malas, ya sabes que te quiero y te amo mucho.

A mis amigos:

Les agradezco a mis compañeros de generación por haberme apoyado a que el curso de mi carrera haya sido más ameno al compartirlo con ustedes. Además les agradezco a mis amigos que pude conseguir en este lapso y a los que he conocido más a fondo y me han brindado siempre su apoyo, entre ellos puedo mencionar a Omar Aarón Montalvo Montalvo y a Juan Antonio Flores Ojeda. Además de mis amigos de hace años Carlos Pérez Jaime y Fausto Miguel Rangel Rosas. Así también a mi gran amigo Eli Olvera Sánchez que desgraciadamente perdió la vida y nunca más podré volver a verlo, pero bien sé que siempre creyó en mí y sé que siempre me seguirá apoyando desde donde se encuentre. Así también agradezco al Ing. Agustín Wong Alarcón, por haberme dado la oportunidad de hacer mis prácticas profesionales en RegioEngordas y por creer en mí, a tal grado de ofrecerme empleo en el cual espero no defraudarlo y dar lo mejor de mí. A la Sra. Magdalena y al Sr. Pimentel les agradezco de corazón por haberme apoyado muchísimo y sin esperar nada a cambio, los quiero muchísimo.

AGRADECIMIENTOS

Les agradezco a todas las personas que me apoyaron para que este trabajo se haya podido llevar a cabo, entre estas personas figura principalmente el Dr. José Alfredo Flores Cabrera, por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo bajo su supervisión y por el gran apoyo que me brindo, de antemano mis más sincero agradecimiento.

De igual manera agradezco a las personas que conforman el Centro de Investigación y Reproducción Caprina (CIRCA), entre los que se encuentran el Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, el Dr. Gerardo Duarte Moreno, el Dr. Horacio Hernández Hernández, el Dr. Jesús Vielma Sifuentes y el Dr. Gonzalo Fitz Rodríguez, les agradezco por su tiempo, dedicación y apoyo brindado para la revisión de este trabajo.

Así también le agradezco a mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U.L. por haberme permitido obtener los conocimientos básicos referentes a mi carrera, gracias a mis maestros, los cuales me brindaron sus conocimientos y me motivaron con ello a dedicarle un gran empeño a esta carrera tan hermosa como lo es la Medicina Veterinaria y Zootecnia. Me siento muy orgulloso de haber concluido mis estudios profesionales en esta institución y espero poner su nombre muy en alto.

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Estacionalidad reproductiva de los caprinos.....	2
2.2 Efecto de la alimentación sobre la actividad reproductiva de los machos ovinos y caprinos.....	3
2.3 Inducción de la actividad sexual en los machos.....	5
2.4 Importancia de la actividad sexual de los machos en la inducción de la actividad sexual de las hembras.....	6
OBJETIVO	8
HIPÓTESIS	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1 Localización del experimento	9
3.2 Animales experimentales	9
3.2.1 Machos.....	9
3.3 Variables determinadas.....	10
3.3.1 Peso corporal	10
3.3.2 Condición corporal.....	10
3.3.3 Circunferencia escrotal.....	10
3.3.4 Olor	10
3.4 Análisis de datos.	11
IV. RESULTADOS.....	12
4.1 Peso corporal	12
4.2 Condición corporal.....	13
4.3 Circunferencia escrotal	14
4.4 Olor	15
V. DISCUSIÓN.....	16
VI. CONCLUSIÓN	19
VII. LITERATURA CITADA	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

- Figura 1.** Evolución del peso corporal de los dos grupos de machos cabríos Subalimentados(○) y Bien alimentados(●), sometidos al tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos artificiales a partir del 1 de noviembre. * P \square 0.05, ** P \square 0.01.....12
- Figura 2.** Evolución de la condición corporal de los grupos de machos cabríos Subalimentados(○) y Bien alimentados(●), que se sometieron al tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos artificiales. * P \square 0.05, ** P \square 0.01.....13
- Figura 3.** Variaciones de la circunferencia escrotal en ambos grupos de machos cabríos Subalimentados(○) y Bien alimentados(●), que fueron sometidos al tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos artificiales. * P \square 0.05, ** P \square 0.01.....14
- Figura 4.** Variaciones de la intensidad del olor entre los grupos de machos cabríos Subalimentados(○) y Bien alimentados(●) sometidos al tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos artificiales. * P \square 0.05, ** P \square 0.01.....15

RESUMEN

El presente estudio se realizó para determinar la respuesta sexual de los machos cabríos subalimentados sometidos al tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales. Se utilizaron 14 machos cabríos criollos adultos divididos en dos grupos y fueron alojados en instalaciones abiertas. El primer grupo de machos (Subalimentados; n=7) fueron alimentados con una dieta a base de alfalfa y avena y se mantuvieron con una condición corporal de 1.5 ± 0 durante todo el estudio. El segundo grupo de machos (Bien alimentados; n=7) fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso, además se les proporcionaron 300 g. de concentrado comercial (14% de P.C.) por día y por animal, llegando a mantener una condición corporal promedio de 3.5 ± 0 durante todo el estudio. Además en ambos grupos se proporcionó agua y sales minerales a libre acceso. Los dos grupos de machos fueron sometidos al tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos artificiales (16 h de luz/día) iniciando el 1 de noviembre. Para determinar la respuesta sexual de los machos de los dos grupos se determinó el peso corporal, la condición corporal, la circunferencia escrotal y la intensidad del olor durante todo el estudio (1 de septiembre al 30 de mayo). El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución del peso corporal, la condición corporal, la circunferencia escrotal y el olor de los machos ($P < 0.001$), así como una interacción grupo x tiempo del estudio ($P < 0.01$). Al inicio del estudio (1 de septiembre), los dos grupos de machos tenían un peso corporal muy similar (51 ± 0.1 y 50 ± 0.3 kg); para los machos bien alimentados y los machos subalimentados. Posteriormente, el peso corporal del grupo bien alimentado se incrementó progresivamente hasta alcanzar su máximo valor el 15 de marzo (75 ± 0 kg). En cambio en el grupo subalimentado el peso corporal se mantuvo en valores que van de 46 a 49 kg durante todo el estudio. En cuanto a la condición corporal, al inicio del estudio, los machos de los dos grupos tenían una condición corporal similar (2.7 ± 0.1) en el mes de septiembre. Posteriormente, la condición corporal de los machos bien alimentados se incrementó a 3.1 ± 0.1 en el mes de octubre y así se mantuvo por el resto del estudio. En cambio, la condición corporal

de los machos subalimentados disminuyó progresivamente hasta febrero y se mantuvo en promedio en valores cercanos a 1.5 por el resto del estudio. En la circunferencia escrotal, al iniciar el experimento, los dos grupos de machos tenían una circunferencia escrotal similar (27 ± 0.1 y 27 ± 0.3 cm; para los machos bien alimentados y los machos subalimentados, respectivamente). Posteriormente la circunferencia escrotal disminuyó en los dos grupos y los valores mínimos se registraron el 1 de diciembre (25 ± 0.5 cm) en el grupo bien alimentado y el 15 de enero en los machos subalimentados (23 ± 1.2 cm). Los valores máximos de esta variable se registraron el 1 de abril (29 ± 1.0 cm) en el grupo bien alimentado y el 1 de mayo (27 ± 1.2 cm) en el grupo subalimentado. En la intensidad del olor de los machos, ambos grupos tenían una intensidad de olor de 0.8 ± 0.14 y 0.6 ± 0.2 , para los machos bien alimentados y machos subalimentados, respectivamente. Posteriormente, la intensidad del olor disminuyó en los dos grupos y los valores mínimos de esta variable se registraron entre los meses de enero y febrero en los dos grupos. En los machos bien alimentados el olor se incrementó progresivamente a partir del 1 de marzo y sus valores más altos se registraron el 15 de abril (2 ± 0.9). Mientras que en el grupo subalimentado el olor inició un incremento el 15 de marzo y sus valores máximos fueron de 0.5 ± 0.8 el 15 y 30 de abril. Los resultados del presente estudio permiten concluir que el tratamiento de días largos artificiales estimula la actividad sexual de los machos cabríos subalimentados, sin embargo la respuesta sexual de estos machos se registró más tarde y en menor intensidad que en los machos bien alimentados.

Palabras clave: machos cabríos, intensidad del olor, actividad sexual, condición corporal.

I. INTRODUCCIÓN

En el territorio nacional se explotan aproximadamente 9 millones de caprinos, y un porcentaje importante se encuentra en la Comarca Lagunera. En esta región, predomina el ganado Criollo y el 90% de los caprinos se explotan en condiciones extensivas (Cruz-Castrejón *et al.*, 2007). Los caprinos de la región se caracterizan por manifestar marcadas variaciones en su actividad reproductiva; es decir, muestran un periodo de reposo sexual o anestro seguido por un periodo de intensa actividad sexual (Delgadillo *et al.*, 1999; Duarte *et al.*, 2008). En los machos, el periodo de reposo sexual es de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999) mientras que en las hembras se registra en los meses 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, tanto en machos como en hembras, la estación sexual es más corta en animales que se encuentran subalimentados que en los bien alimentados (Walked-Brown *et al.*, 1994; Zarazaga *et al.*, 2003). De igual manera, existen estudios que indican que la respuesta de los machos cabríos a los tratamientos fotoperiódicos, para estimular su actividad sexual, es menor en los machos subalimentados, que en los machos bien alimentados (Martin *et al.*, 1999). 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 largos artificiales a partir de noviembre. Sin embargo, no se conoce la respuesta sexual de los machos subalimentados al tratamiento de días largos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estacionalidad reproductiva de los caprinos

Los caprinos y ovinos que provienen o se originan de latitudes subtropicales o templadas muestran variaciones en su ciclo anual de actividad sexual. En estas especies, cuando los machos permanecen en contacto con las hembras durante todo el año, los partos ocurren solo durante algunos meses del 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). Al igual que en otras especies, la estacionalidad reproductiva de los caprinos es un fenómeno adaptativo a las condiciones del medio para que los partos ocurran en el momento óptimo en que se favorece la sobrevivencia de las crías (Ortavantet *al.*, 1985). En la mayoría de las razas de ovinos y caprinos, la estacionalidad reproductiva se debe a las variaciones naturales del fotoperiodo en estas regiones (Malpauzet *al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2003). Por ejemplo, la actividad reproductiva en las hembras caprinas locales de la Comarca Lagunera se desarrolla durante el otoño y el invierno (septiembre-marzo; Duarte *et al.*, 2008) y se caracteriza por la presentación regular de estros y ovulaciones cada 21 días en promedio. Por otro lado, el periodo de anestro en cabras sucede entre marzo y agosto (Duarte *et al.*, 2008). Durante este periodo las hembras no manifiestan actividad estral ni ovulaciones.

Los machos cabríos locales del norte de México tienen una estacionalidad reproductiva muy marcada. Estos animales manifiestan actividad sexual intensa de mayo a diciembre, y durante ese tiempo se registran altas concentraciones plasmáticas de testosterona, un intenso comportamiento y olor sexual, un elevado peso testicular y una elevada producción espermática (Delgadillo *et al.*, 1999; Cruz-Castrejón *et al.*, 2007). En cambio, en el periodo de reposo, el cual ocurre de enero a abril, estas mismas variables disminuyen considerablemente (Delgadillo *et al.*, 1999).

Existen varios estudios que demuestran que la estacionalidad reproductiva de los caprinos y ovinos de las regiones templadas y subtropicales es sincronizada por las variaciones de la duración del día o fotoperiodo (Thiéry *et al.*, 2002; Delgadillo *et al.*, 2004; Malpoux, 2006). Sin embargo, el fotoperiodo no es el único factor que puede tener influencia sobre la actividad reproductiva de estas especies, otros factores como las relaciones socio-sexuales y la alimentación pueden modificar el patrón de reproducción de machos y hembras que manifiestan una estacionalidad reproductiva (Martin y Walkden-Brown, 1995; Martin *et al.*, 2004; Forcada y Abecia, 2006; Delgadillo *et al.*, 2009).

2.2 Efecto de la alimentación sobre la actividad reproductiva de los machos ovinos y caprinos

En la mayoría de los mamíferos, el nivel de alimentación (alto o bajo) puede tener efectos sobre las regiones del sistema nervioso central que regulan la síntesis y secreción de factores de liberación hipotalámicos y hormonas involucradas en los procesos reproductivos (Dunn y Moss, 1992). Existen estudios que demuestran que una restricción de energía en la dieta puede provocar un retraso en la presentación de la pubertad, disturbios en la ciclicidad de las hembras sexualmente maduras, anestro posparto prolongado (Schillo, 1992) y, probablemente, prolongación del anestro estacional en las especies con comportamiento reproductivo estacional (Forcada *et al.*, 1992).

En algunas razas ovinas y caprinas que manifiestan una estacionalidad reproductiva no muy marcada, la alimentación puede modular la actividad sexual anual, mientras que en otras razas es un factor que determina el inicio del ciclo anual de la reproducción (Martin y Walkden-Brown, 1995; Zarazaga *et al.*, 2005; Duarte *et al.*, 2008). Los efectos a corto plazo o inmediato (menos de diez días) de la nutrición no modifican la condición corporal, pero sí la actividad del eje hipotálamo-hipofisario, induciendo en ocasiones un incremento de hasta dos a tres veces la pulsatilidad de LH (Boukhliq y Martin, 1997). En cambio, los efectos

del nivel de alimentación a largo plazo (más de tres semanas), además de actuar sobre este eje, modifican el peso y condición corporal, el crecimiento testicular y la producción espermática (Oldham *et al.*, 1978; Blache *et al.*, 2000). En los machos cabríos, la alimentación tiene gran importancia en el control del ciclo anual de la reproducción (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Diversos estudios demuestran que los machos alimentados con una dieta de alta calidad presentan periodos reproductivos más prolongados y además muestran un incremento más marcado en las concentraciones de LH, FSH, testosterona y en el tamaño de las glándulas sebáceas e intensidad de olor que en los machos subalimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994). De igual manera, cuando los carneros Corriedale en Uruguay (32°S) son suplementados durante la primavera, periodo de reposo sexual, la pulsatilidad de LH y la circunferencia escrotal se incrementan más rápidamente que en los machos que son mantenidos con una dieta de mantenimiento (Pérez-Clariget *et al.*, 1998).

Un efecto contrario es registrado cuando los machos son sometidos a periodos prolongados de desnutrición. 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 del olor sexual en comparación con los machos bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994). De igual manera, existen estudios que demuestran que una subalimentación en los machos reduce el comportamiento sexual, la intensidad del olor, volumen de eyaculado, concentración espermática por eyaculado, porcentaje de espermatozoides vivos y la motilidad espermática (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Asimismo, existen estudios que indican que el nivel de alimentación de los machos influye en la eficiencia de éstos para estimular la actividad sexual de las hembras a través del efecto macho. Por ejemplo, los machos alimentados con una dieta de alta calidad durante 16 meses inducen, a través del efecto macho, la ovulación en un mayor número de hembras, que los machos expuestos a dietas de baja calidad (Walkden-Brown *et al.*, 1993c).

2.3 Inducción de la actividad sexual en los machos

Como se describió anteriormente, en las razas ovinas y caprinas originarias de las zonas templadas, así como en algunas adaptadas a las zonas subtropicales, como los caprinos del norte de México, la estacionalidad reproductiva es controlada por el fotoperiodo (Malpoux *et al.*, 1997; Duarte *et al.*, 2010). En condiciones experimentales, cuando éstos machos son sometidos a cambios rápidos de la duración del día, los días largos inhiben la actividad sexual, mientras que los días cortos la estimulan (Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010). Sin embargo, hasta la fecha no existe tratamiento fotoperiódico que asegure efectos de manera permanente, es decir que los animales manifiesten actividad sexual durante todo el año. Por ejemplo, en los machos ovinos de las razas Merino y Suffolk mantenidos durante dos años continuos bajo un fotoperiodo de equinoccio (12h de luz/día), la circunferencia testicular presentó variaciones similares a las observadas en los animales testigos sujetos al fotoperiodo natural (Martin *et al.*, 1999). 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). 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 (Chemineau *et al.*, 1999). En estudios realizados con machos cabríos de la Comarca Lagunera, se ha demostrado que la utilización 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. En los machos alojados en instalaciones abiertas o cámaras fotoperiódicas y tratados de esta manera, los niveles plasmáticos de testosterona, así como el comportamiento sexual determinado por las montas, intento de montas, aproximaciones y olfateos anogenitales, son siempre superiores a los registrados en los machos no tratados (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). En estudios posteriores se simplificó el tratamiento fotoperiódico y se demostró

que la sola aplicación de 2.5 meses de días largos a partir del 1 de noviembre al 15 de enero, seguido de 2.5 meses de días cortos naturales 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). Estos hallazgos sobre el control reproductivo del macho ha permitido realizar con éxito el efecto macho durante el periodo de inactividad sexual (marzo y abril) en numerosos estudios (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002, Carillo *et al.*, 2007; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; De Santiago- Miramontes *et al.*, 2008; Luna-Orozco *et al.*, 2008;Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

2.4 Importancia de la actividad sexual de los machos en la inducción de la actividad sexual de las hembras

Cuando las hembras caprinas son expuestas al macho, la respuesta sexual puede variar dependiendo de la intensidad del comportamiento sexual mostrado por los machos (Mellado *et al.*, 1994; Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2006). Por ejemplo, el 95% de ovejas expuestas a machos que muestran una intensa actividad sexual ovulan, mientras que si son expuestas a machos con una actividad sexual débil o baja, únicamente el 78% de ellas ovulan (Perkins y Fitzgerald, 1994). En caprinos, la intensidad de la libido mostrada por los machos cabríos también afecta la respuesta de las hembras sometidas al efecto macho. Por ejemplo, Walkden-Brown *et al.*(1993a) demostraron que los machos bien alimentados y que mostraron una intensa libido, inducen la ovulación en un mayor porcentaje (95%) de hembras que los machos mal alimentados y que mostraron una libido baja (38%). En los machos de la Comarca Lagunera, dos meses y medio de días largos artificiales (16 h luz/día), iniciando el primero de noviembre, seguidos de días cortos naturales (10:25 h luz/día) estimulan la actividad sexual de los machos durante la época natural de reposo. Estos machos inducidos a una intensa actividad sexual al ser sometidos a tratamientos fotoperiódicos, mejoran la calidad de sus señales como consecuencia del incremento de la secreción de testosterona potenciando la respuesta de las hembras. En los machos se aumenta el peso testicular, y se hace evidente un fuerte olor sexual, eventos que son

acompañados de un intenso comportamiento sexual que incluye aproximaciones laterales, vocalizaciones, monta o intentos de montas. Los machos locales inducidos a una intensa actividad sexual inducen la actividad sexual en la mayoría de las hembras anéstricas (>80%). Al contrario, los machos no tratados que solo perciben las variaciones naturales del fotoperiodo de la región, solo inducen la ovulación en menos del 10% de las cabras (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Lo anterior indica que el comportamiento sexual de los machos es un factor muy importante para inducir la actividad sexual de las hembras en anestro. Los machos sexualmente activos son más efectivos para inducir las hembras que los machos no tratados. Además, es necesaria la estimulación de la actividad sexual de los machos en el periodo de reposo sexual para mejorar la calidad de las señales emitidas por el macho y en consecuencia, incrementar la respuesta de las hembras expuestas al efecto macho.

En la región Lagunera, la mayoría de los caprinos son explotados de manera extensiva y alimentados solamente con la flora natural de los agostaderos. El periodo de sequía se extiende desde el final de otoño hasta el final de la primavera, lo que ocasiona una disminución de la disponibilidad y calidad de los forrajes en donde pastorean los animales (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Por ello, durante este periodo, el nivel de consumo de proteína y energía para completar los requerimientos nutricionales de los animales (Juárez *et al.*, 2004). En el caso de los machos cabríos no se conoce si los animales que sufren una desnutrición pueden responder al tratamiento fotoperiódico de días largos.

OBJETIVO

Determinar si la subalimentación en los machos cabríos afecta la respuesta sexual al tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales.

HIPÓTESIS

La subalimentación afecta la respuesta sexual de los machos cabríos al ser sometidos al tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), ubicadas dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna, en el Municipio de Torreón y en el Ejido Corea, Municipio de Matamoros. Ambas localidades se encuentran ubicadas en la región de la Comarca Lagunera de Coahuila, México, dicha zona se localiza a una latitud de 26° 23' N, y a una longitud de 104°47' O; y a una altitud de 1,100 msnm. Esta zona presenta un clima semidesértico.

3.2 Animales experimentales

3.2.1 Machos

Se utilizaron 14 machos cabríos criollos adultos, los cuales a su vez se dividieron en dos grupos y se mantuvieron alojados en instalaciones abiertas con una superficie de 10 x 6 m (60 m²). El primer grupo de machos (Subalimentados; n= 7) fueron alimentados con una dieta a base de alfalfa y avena y se mantuvieron con una condición corporal de 1.5 durante todo el estudio. El segundo grupo de machos (Bien alimentados; n=7) fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso, además se les proporcionaron 300 g. de concentrado comercial (14% de P.C.) por día y por animal, de tal manera que mantuvieran una condición corporal de 3.5 durante todo el estudio. Además en ambos grupos se proporcionó agua y sales minerales a libre acceso. Los dos grupos de machos fueron sometidos al tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales (16 h de luz/día) el cual tiene una duración de 2.5 meses, iniciando el 1 de noviembre y concluyendo el 15 de enero, como lo describí previamente, Delgadillo *et al.* (2002).

3.3 Variables determinadas

3.3.1 Peso corporal

El peso corporal se determinó cada 15 días utilizando una báscula, con capacidad para pesar 200 kg de peso vivo y con una precisión de 50 g. Todos los animales fueron pesados por las mañanas antes de recibir alimento.

3.3.2 Condición corporal

La condición corporal fue determinada cada 15 días del 1 de septiembre al 30 de mayo del 2010. Para determinar la condición corporal se utilizó la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.*(1997) la cual consiste en medir la masa muscular de la región lumbar del animal por palpación, de modo que el valor fue dado de 1 a 4 con puntos intermedios, en donde el 1 fue para animales muy flacos y descarnados y el 4 para animales con una muy buena masa muscular y una gruesa capa de grasa subcutánea, que lleva a dar una forma redondeada a la región lumbar.

3.3.3 Circunferencia escrotal

La circunferencia escrotal se determinó cada 15 días con ayuda de una cinta métrica flexible graduada en milímetros, colocándola en la parte más ancha de ambos testículos.

3.3.4 Olor

La intensidad del olor fue determinada cada 15 días con la técnica descrita por Walkden-Brown *et al.*(1993b) que consiste en oler la parte posterior de la región de la base de los cuernos a una distancia de 15 cm. Dicha medición tiene una correlación positiva con la testosterona plasmática responsable de la actividad sexual de los machos (Walkden-Brown *et al.*, 1993b). Esta técnica, utiliza una escala de 0 a 3, que corresponde a: 0) olor neutro o igual al de las hembras o

al macho castrado, 1) olor sexual ligero, 2) olor sexual moderado y 3) olor sexual intenso. Todas las variables fueron medidas por las mismas personas durante todo el estudio.

3.4 Análisis de datos.

Los datos obtenidos de peso corporal y circunferencia escrotal fueron analizados con un análisis de varianza considerando dos factores (grupo y tiempo del experimento). La condición corporal y la intensidad del olor fueron analizadas con la prueba U de Mann-Whitney para la llevar a cabo la comparación entre grupos, y la prueba de Friedman para determinar variaciones a través del tiempo de estudio.

IV. RESULTADOS

4.1 Peso corporal

La evolución del peso corporal de los dos grupos de machos cabríos se muestra en la figura 1. El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución del peso corporal ($P < 0.001$), así como una interacción grupo x tiempo del estudio ($P < 0.001$). Al inicio del estudio (1 de septiembre), el peso corporal era muy similar, en los machos bien alimentados (51 ± 0.1 kg) y en los machos subalimentados (50 ± 0.3 kg). Posteriormente, el peso corporal del grupo bien alimentado se incrementó progresivamente hasta alcanzar su máximo valor el 15 de marzo (75 ± 1.0 kg). En cambio en el grupo subalimentado el peso corporal se mantuvo en valores que van de 46 a 49 kg durante todo el estudio.

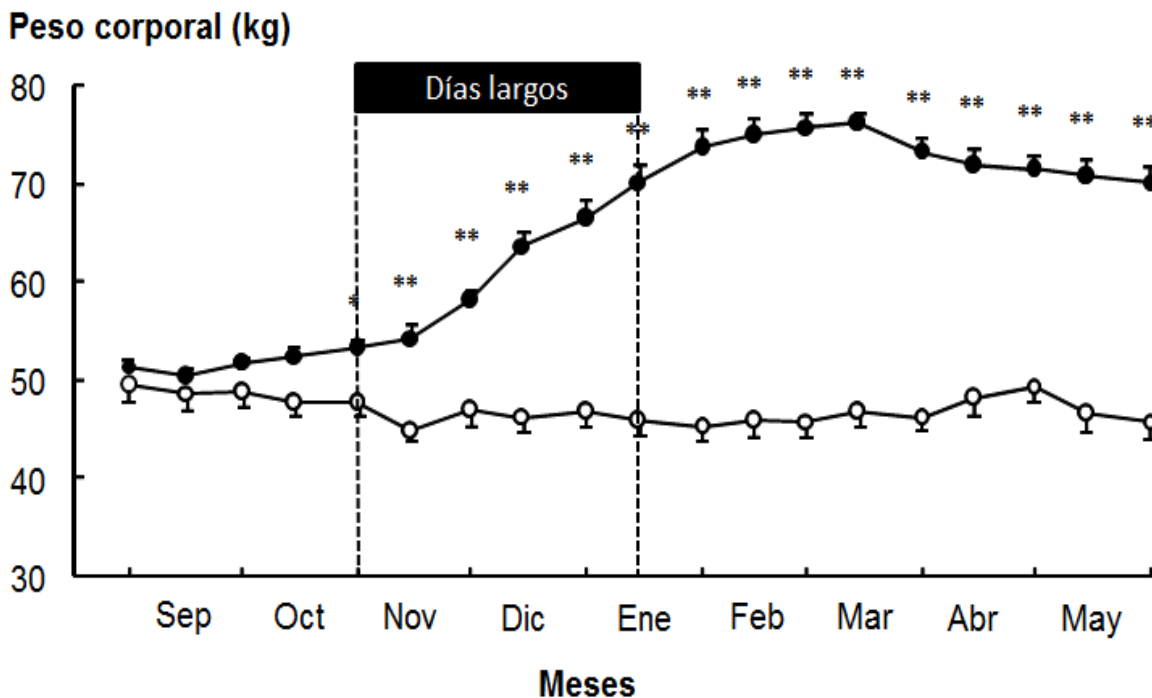


Figura 1. Evolución del peso corporal de los dos grupos de machos cabríos Subalimentados (○) y Bien alimentados (●), sometidos al tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos artificiales a partir del 1 de noviembre. * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

4.2 Condición corporal

En la Figura 2 se muestra la evolución de la condición corporal de los dos grupos de machos durante todo el estudio. El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución de la condición corporal ($P < 0.001$), así como una interacción grupo x tiempo del estudio ($P < 0.01$). Al inicio del estudio, los machos de los grupos tenían una condición corporal similar en el mes de septiembre (2.7 ± 0.1). Posteriormente, la condición corporal de los machos bien alimentados se incrementó (3.1 ± 0.1) en el mes de octubre y así se mantuvo por el resto del estudio. En cambio, la condición corporal de los machos subalimentados disminuyó progresivamente hasta febrero y se mantuvo en promedio en valores cercanos a 1.5 por el resto del estudio.

Condición corporal

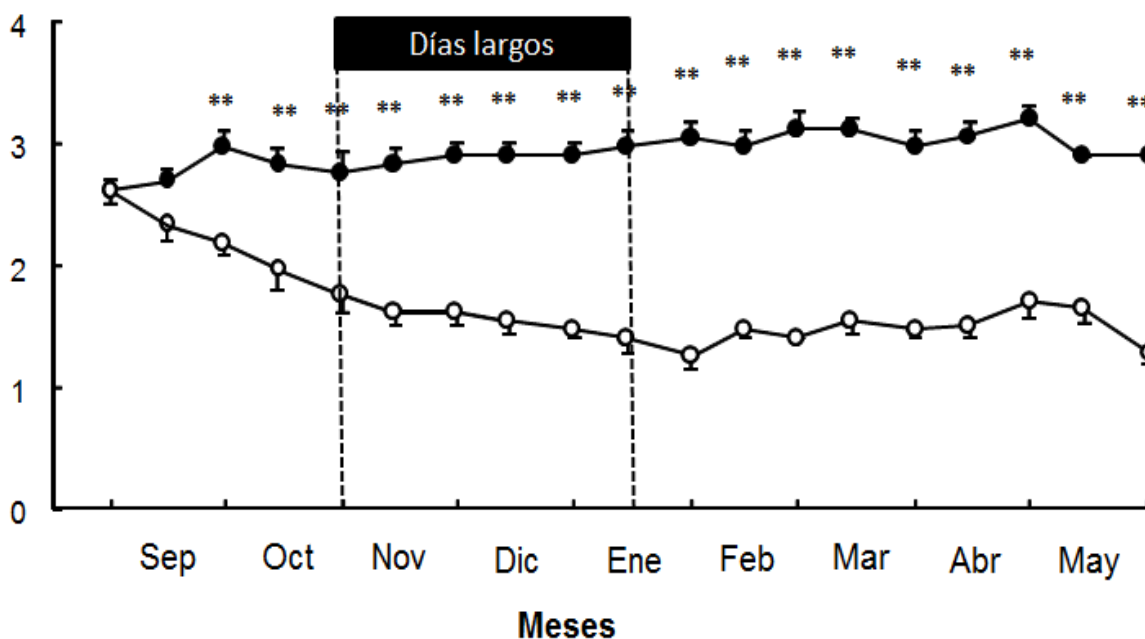


Figura 2. Evolución de la condición corporal de los grupos de machos cabríos Subalimentados (○) y Bien alimentados (●), que se sometieron al tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos artificiales. * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$.

4.3 Circunferencia escrotal

En la Figura 3 se muestran las variaciones durante todo el estudio de la circunferencia escrotal de los dos grupos de machos. El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución de la circunferencia escrotal ($P < 0.001$), así como una interacción grupo x tiempo del estudio ($P < 0.01$). Al inicio del estudio, los dos grupos de machos tenían una circunferencia escrotal similar (Bien alimentados: 27 ± 0.1 y los Subalimentados: 27 ± 0.3 cm). Posteriormente la circunferencia escrotal disminuyó en los dos grupos y los valores mínimos se registraron el 1 de diciembre (25 ± 0.5 cm) en el grupo bien alimentado y el 15 de enero en los machos subalimentados (23 ± 1.2 cm). Los valores máximos de esta variable se registraron el 1 de abril (29 ± 1.0 cm) en el grupo bien alimentado y hasta el 1 de mayo (27 ± 1.2 cm) en el grupo subalimentado.

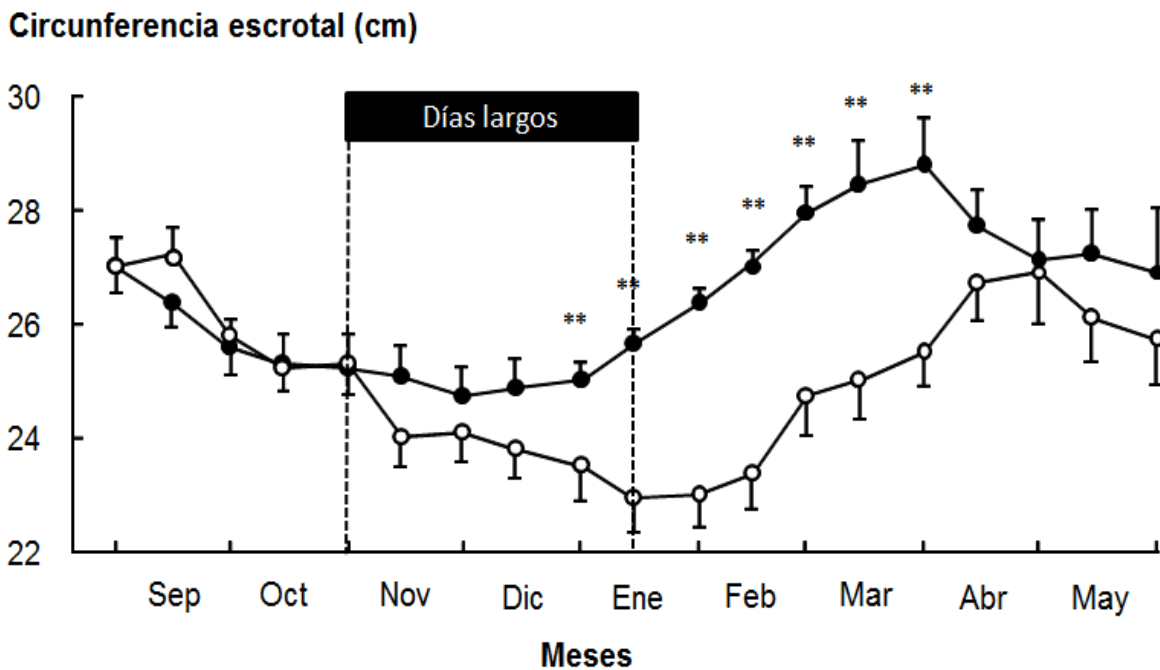


Figura 3. Variaciones de la circunferencia escrotal en ambos grupos de machos cabríos Subalimentados (\circ) y Bien alimentados (\bullet), que fueron sometidos al tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos artificiales. * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$.

4.4 Olor

Las variaciones de la intensidad del olor durante todo el estudio en los dos grupos de machos se muestran en la figura 4. El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución de la intensidad del olor ($P < 0.001$) y una interacción grupo x tiempo ($P < 0.001$) sobre la evolución de esta variable. Al inicio del estudio, los machos de los dos grupos tenían una intensidad de olor de 0.8 ± 0.14 y 0.6 ± 0.2 , para los machos bien alimentados y machos subalimentados, respectivamente. Posteriormente, la intensidad del olor disminuyó en los dos grupos y los valores mínimos de esta variable se registraron entre los meses de enero y febrero en los dos grupos. En los machos bien alimentados el olor se incrementó progresivamente a partir del 1 de marzo y sus valores más altos se registraron el 15 de abril (2 ± 0.9). Mientras que en el grupo subalimentado el olor inició un incremento el 15 de marzo y sus valores máximos fueron de 0.5 ± 0.8 que se registraron el 15 y 30 de abril, respectivamente.

Intensidad del olor

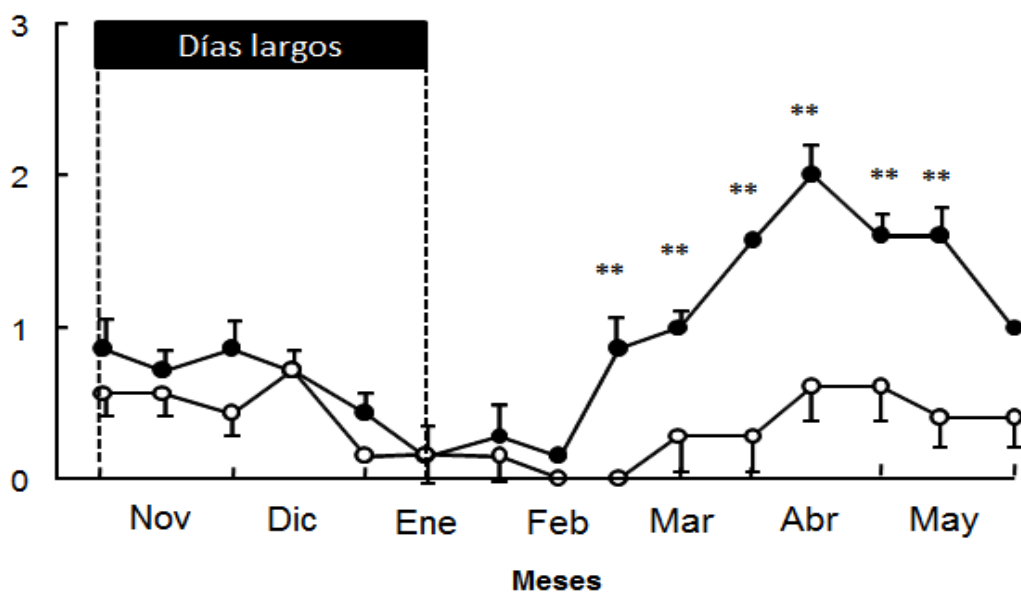


Figura 4. Variaciones de la intensidad del olor entre los grupos de machos cabríos Subalimentados (○) y Bien alimentados (●) sometidos al tratamiento fotoperiódico de 2.5 meses de días largos artificiales. * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$.

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que los machos cabríos subalimentados responden al tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales, al estimular su actividad sexual durante el periodo de reposo sexual, Sin embargo, esta estimulación se presenta más tarde y en menor intensidad que en los machos bien alimentados.

De igual manera, los machos bien alimentados mostraron una intensa actividad sexual durante marzo y abril, meses de reposo sexual natural. La respuesta encontrada en los machos bien alimentados coinciden y son consistentes con todos los estudios realizados anteriormente en la Comarca Lagunera donde se utilizan los tratamientos de días largos para inducir la actividad sexual de los machos cabríos (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 artificiales responden al tratamiento y muestran un incremento en las concentraciones de testosterona, peso testicular, intensidad del olor y conductas sexuales durante el periodo de reposo sexual (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas *et al.*, 2007).

En lo que se refiere a los machos subalimentados se pudo determinar que al restringirles experimentalmente la alimentación, mantuvieron una baja condición y peso corporal durante todo el estudio (de septiembre a mayo). Estos resultados eran de esperarse, ya que la cantidad de alimento que se les proporcionaba alcanzaba únicamente para los requerimientos de mantenimiento de dichos machos. Por el contrario, en los machos bien alimentados a los que se les proporcionó alfalfa y avena a libre acceso, además de 300 g. de concentrado comercial por día y por animal posiblemente cubrieron sus necesidades para poder reproducirse. Al respecto, existe un estudio que demuestra que los machos subalimentados que no cubren sus requerimientos nutricionales ni en cantidad ni en calidad, entonces el peso corporal se ve disminuido y esto se refleja también en

su condición corporal, ya que cuando los requerimientos nutricionales básicos no logran ser cubiertos, comienzan a utilizar sus reservas corporales, con la consecuente pérdida de peso y condición corporal y esto se ve reflejado en un bajo rendimiento productivo y reproductivo (Birkelo *et al.*, 1991., Ramírez-Pérez *et al.*, 2000, Gómez-Pasten *et al.*, 2000). Sin embargo, esto último no ocurrió en los machos subalimentados de nuestro estudio. Es importante mencionar que a pesar de la baja condición corporal en la cual fueron experimentalmente sometidos, estos machos exhibieron un incremento en la actividad sexual en respuesta al tratamiento fotoperiódico al cual fueron sometidos. Este incremento en la actividad sexual se vio reflejado en un incremento en la circunferencia escrotal y en la intensidad del olor en los meses de marzo y abril. Esto concuerda con lo reportado por Cruz-Castrejón *et al.*, (2007), quien menciona que aún con bajas reservas corporales de energía, los machos cabríos exhiben plena actividad sexual (Cruz-Castrejón *et al.*, 2007).

Sin embargo, a pesar de que los machos subalimentados respondieron al tratamiento fotoperiódico estos mostraron una menor intensidad de olor y una menor circunferencia escrotal que los machos bien alimentados. Lo anterior coincide con lo reportado por Walkden-Brown *et al.* (1994), quienes demostraron que los machos que son sometidos a una subalimentación tienen un menor tamaño de las glándulas sebáceas y por ende tienen una menor intensidad de olor que los machos que reciben cantidades adecuadas de alimento de acuerdo a sus necesidades nutricionales. De igual manera, a pesar que los machos subalimentados respondieron al tratamiento fotoperiódico mostrando una actividad sexual durante el periodo de reposo sexual, se registró un retraso de al menos 15 días en comparación a los machos bien alimentados. Al respecto, existen estudios que demuestran que en los machos cabríos Cashmere de Australia (29° 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 del olor sexual en comparación con los machos bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994), lo cual coincide con los resultados obtenidos en este estudio.

Finalmente, los resultados del presente estudio demuestran que los machos subalimentados aun cuando se encuentran en una condición corporal baja, tienen la capacidad de responder al tratamiento fotoperiódico. Lo anterior demuestra que el fotoperiodo es un factor muy importante en la regulación de la actividad sexual de estas especies estacionales y es probable que en estos machos, tenga una influencia mayor que la alimentación sobre la actividad sexual, así como se propuso para las razas originarias de las zonas templadas (Malpoux *et al.*, 1999). Además, se requieren de estudios futuros para determinar si estos machos subalimentados son capaces de inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias mediante el efecto macho.

VI. CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio permiten concluir que el tratamiento de días largos artificiales estimula la actividad sexual de los machos cabríos subalimentados, sin embargo la respuesta sexual de estos machos se presenta más tarde y en menor intensidad que en los machos bien alimentados.

VII. LITERATURA CITADA

Birkelo, C., Johnson, D., Phetteplace, H. (1991). "Maintenance requirements of beef cattle as affected by season on different planes of nutrition." *Journal of Animal Science*.**69**: 1214-1222.

Blache, D., Chagas, L.M., Blackberry, M.A., Vercoe, P.E., Martin, G.B. (2000). "Metabolic factors affecting the reproductive axis in male sheep." *Journal of Reproduction and Fertility*.**120**: 1-11.

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

Carrillo, E., Véliz, F.G., Flores, J.A., Delgadillo, J.A. (2007). "El decremento en la proporción macho-hembras no disminuye la capacidad para inducir la actividad estral de cabras anovulatorias". *Técnica Pecuaria en México*.**43**: 319-328.

Chemineau, P., Baril, G., Leboeuf, B., Maurel, M.C., Roy, F., Pellicer-Rubio, M., *et al.*, (1999). "Implications of recent advances in reproductive physiology for reproductive management of goats." *Journal of Reproduction and Fertility*.**54**: 129-142.

Chemineau, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., Guerin, Y., Revault, J.P., Thimonier, J., Pelletier, J. (1992) . "Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin." *Animal Reproduction Science*.**30**: 157-184.

Cruz-Castrejón, U., Véliz, F.G., Rivas-Muñoz, R., Flores, J.A., Hernández, H., Duarte, G. (2007). "Respuesta de la actividad sexual a la suplementación alimenticia de machos cabríos tratados con días largos, con un manejo extensivo a libre pastoreo." *Técnica Pecuaria en México*.**45**: 93-100.

De Santiago-Miramontes, M.A., Rivas-Muñoz, R., Muñoz-Gutiérrez, M., Malpoux, 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." *Animal Reproduction Science*.**105**: 409–416.

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., Cortez, M.E., Duarte, G., Chemineau, P., Malpoux, B. (2004). "Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone

secretion, testicular and body weight in subtropical male goats.” *Reproduction, Nutrition and Development*.**44**: 183-193.

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. *Veterinaria México*.**34**: 69-79.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Hernandez, H., Fernandez, I.G. (2006). “Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats.” *Reproduction, Nutrition and Development*.**46**: 391-400.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernandez, H., Duarte, G., Vielma, J. Poindron, P., Chemineau, P., Malpoux, B. (2002). “Induction of sexual activity of lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days.” *Journal of Animal Science*.**80**: 2780-2786.

Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A.R., Martin, G.B. (2009). “The ‘male effect’ in sheep and goats—Revisiting the dogmas.” *Behavioural Brain Research*.**200**: 304–314.

Duarte, G., Flores, J.A., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. (2008). “Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability.” *Domestic Animal Endocrinology*.**35**: 362-370.

Duarte, G., Nava-Hernández, M.P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. (2010). “Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod.” *Animal Reproduction Science*.**120**: 65-70.

Dunn, T.G., Moss, G.E. (1992). “Effects of nutrient deficiencies and excess on reproductive efficiency of livestock.” *Journal of Animal Science*.**70**: 1580-1593.

Fitz-Rodríguez, G., De Santiago-Miramontes M.A., Scaramuzzi R.J., Malpoux B., Delgadillo J.A. (2009). “Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in females goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect” *Animal Reproduction Science*.**116**: 85-94.

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

Forcada, F., Abecia, J.A., Sierra, I. (1992). "Seasonal changes in oestrus activity and ovulation rate in Rasa Aragonesa ewes maintained at two different body condition levels." *Small Ruminant Research*.**8**: 313-324.

Forcada, F., Abecia, J.A. (2006). "The effect of nutrition on the seasonality of reproduction in ewes." *Reproduction, Nutrition and Development*.**46**: 355-365.

Gómez-Pastén, M., Mora-Izaguirre, O., Vera-Avila, H., Meléndez-Soto, R.M., Shimada, A. (2000). "Fatty acid profiles in the adipose tissue of underfed goats." *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*.**51**: 552-555.

Juárez, A.S., Montoya, R., Nevarez, G., Cerrillo, M.A. (2004). "Seasonal variations in chemical composition and dry matter degradability of the forage consumed by goats in highly deteriorated rangeland of North Mexico." *South African Journal of Animal Science*.**34**: 68-71.

Luna-Orozco, J.R., Fernández, I.G., Gelez, H., Delgadillo J.A. (2008). "Parity of female goats does not influence their estrous and ovulatory responses to the male effect." *Animal Reproduction Science*.**106**: 352-360.

Malpaux, 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.

Malpaux, B., Thiéry, J.C. Chemineau, P. (1999). "Melatonin and the seasonal control of reproduction." *Reproduction Nutrition and Development*.**39**: 355-366.

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 Research Bulletin*.**4**:431-438.

Martin, G.B, Walkden-Brown, S.W. (1995). "Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats." *Journal of Reproduction and Fertility*.**49**: 437–449.

Martin, G.B., Rodger, J.T., Blache D. (2004). "nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants." *Reproduction, Fertility and Development*.**16**: 491-498.

Martin, G.B., Tjondronegoro, S., Boukhliq, R., Blackberry, M.A., Briegel, J.R., Blache, D., *et al.* (1999) "Determinants of the annual pattern of reproduction in mature male Merino and Suffolk sheep: modification of endogenous rhythms by photoperiod." *Reproduction, Fertility and Development*.**11**: 355-366.

Mellado, M., Vera, A., Loera, H. (1994). "Reproductive performance of crossbred goats in good or poor body condition exposed to bucks before breeding." *Small Ruminant Research*.**14**: 45-48.

Oldham, C.M., Adams, N.R., Gherardi, P.B., Lindsay, D.R., McKintosh, J.B. (1978). "The influence of level of feed intake on sperm-producing capacity of testicular tissue in the ram." *Australian Journal of Agricultural Research*.**29**: 173–179.

Ortavant, R., Pelletier, J., Ravault, J., Thimonier, J., Volland, P. (1985). "Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm mammals." *Reproduction, Fertility and Development*.**7**: 305-345.

Pearkins, A., Fitzgerald, J.A. (1994). "The behavioural component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes." *Journal of Animal Science*.**72**: 51-55.

Pérez-Clariget, R., Forsberg, M., Rodríguez-Martínez, H. (1998). "Seasonal variation in live weight, testes size, testosterone, LH secretion, melatonin and thyroxine in Merino and Corridale rams in a subtropical climate." *Acta Veterinaria Scandinavica*.**39**: 35–47.

Ramírez-Pérez, A.H., Buntinx, S.E, Tapia-Rodríguez, C., Rosiles, R. (2000). "Effect of breed and age on the voluntary intake and the micromineral status of non-pregnant sheep." *Small Ruminant Research*.**36**:49-55.

Restall, B.J. (1992). "Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats". *Animal Reproduction Science*.**27**: 305-318.

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." *Journal of Animal Science*.**85**: 1257-1263.

Rivera, G.M., Alanis, G.A., Chavez, M.A., Ferrero, S.B., Morello, H.H. (2003). "Seasonality of estrus and ovulation in creole goats of Argentina." *Small Ruminant Research*.**48**: 109-117.

Sáenz-Escárcega, P., Hoyos, F.G.L., Salinas, G.H., Martínez, M., Espinoza, J., Guerrero, A., Contreras, G.E. (1991). Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En memorias, Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera, SARH-INIFAP, Matamoros, Coahuila, México. P 124-134.

Schillo, K.K. (1992). "Effect of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep." *Journal of Animal Science*.**70**: 1271-1283.

Thiéry, J.C., Chemineau, P., Hernandez, X., Migaud, M., Malpoux, B. (2002). "Neuroendocrine interactions and seasonality." *Domestic Animal Endocrinology*.**23**: 87-100.

Walkden-Brown, S.W., Martin, G.B., Restall, B.J. (1999). "Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats." *Journal of Reproduction and Fertility*.**54**: 243-257.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Henniawati, S.R. (1993a). "The male effect in Australian Cashmere goat.1. Ovarian and behavioural response of seasonally anovulatory does following the introduction of bucks." *Animal Reproduction Science*.**32**: 41-53.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Henniawati, S.R. (1993b). "The male effect in Australian Cashmere goat.2. Role of olfactory cues from the male." *Animal Reproduction Science*.**32**: 55-67.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Henniawati, S.R. (1993c). "The male effect in Australian Cashmere goat. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrus females." *Animal Reproduction Science*.**32**: 69-84.

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." *Journal of Reproduction and Fertility*.**102**: 351-360.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B., Blackberry, M.A. (1997). Seasonality in male Australian Cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or estradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Ruminant Research*.**26**: 239-252.

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." *Animal Reproduction Science*.**87**: 253-267.

Zarazaga, L.A., Malpoux, B., Chemineau, P. (2003). "Amplitude of the plasma melatonin rhythm is not associated with the dates of onset and offset of the seasonal ovulatory activity in the Ile-de-France ewe." *Reproduction, Nutrition and Development*.**43**: 167-177.