

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO SEXUAL DE LOS MACHOS
CABRÍOS MEDIANTE UN COMPLEMENTO ALIMENTICIO AL FINAL DEL
TRATAMIENTO FOTOPERIÓDICO DE DÍAS LARGOS ARTIFICIALES**

POR:

ROGELIO AVILA ESQUIVEL

TESIS:

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DEL 2011

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO SEXUAL DE
LOS MACHOS CABRIOS MEDIANTE UN COMPLEMENTO
ALIMENTICIO AL FINAL DEL TRATAMIENTO
FOTOPERIODICO DE DÍAS LARGOS ARTIFICIALES

TESIS

POR

ROGELIO ÁVILA ESQUIVEL

ASESOR PRINCIPAL

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

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO SEXUAL DE
LOS MACHOS CABRIOS MEDIANTE UN COMPLEMENTO
ALIMENTICIO AL FINAL DEL TRATAMIENTO
FOTOPERIODICO DE DÍAS LARGOS ARTIFICIALES

TESIS

POR:

ROGELIO ÁVILA ESQUIVEL

ASESOR PRINCIPAL



DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIEN





Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMON ALONSO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

PRESIDENTE DE JURADO



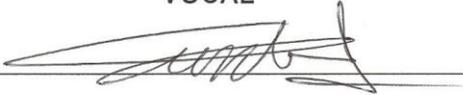
DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

VOCAL



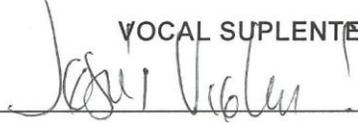
DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

VOCAL



DR. GERARDO DUARTE MORENO

VOCAL SUPLENTE



DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2011.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**MEJORAMIENTO DEL COMPORTAMIENTO SEXUAL DE LOS MACHOS
CABRÍOS MEDIANTE UN COMPLEMENTO ALIMENTICIO AL FINAL DEL
TRATAMIENTO FOTOPERIÓDICO DE DÍAS LARGOS ARTIFICIALES**

POR:

ROGELIO AVILA ESQUIVEL

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

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2011

Dedicatoria

A Dios, Ángeles y Arcángeles por darme vida y esta oportunidad de superación sin dejarme nunca fuera de su amparo, por las fuerzas que me dan para salir adelante a pesar de los tropiezos de la vida.

Mis abuelos Abraham y Gabriela, por darme consejos, escucharme y compartir su tiempo conmigo y porque siempre tuvieron la confianza en que alcanzaría esta meta de mi vida. Sabino Avila Martínez (†) y Clara Morales Morales (†) aunque no tuve la dicha de convivir con ustedes les doy gracias por darme un papá con un corazón lleno de amor que siempre cuidó de mí y mi familia guiándonos por el camino del bien.

A mis padres Domingo Avila Morales y Petra Mendieta Esquivel por darme la vida, su apoyo, consejos y por escucharme siempre para ayudarme a llegar a esta maravillosa fase de mi vida, también a mi tío Juan por su amistad y consejos que siempre me dio. Gracias papás, ahora me toca devolver lo mucho que me han dado.

Mis hermanos Marcos, Clara, Miguel Ángel e Isela porque siempre estuvieron a mi lado para ayudarme con mis problemas y a levantarme en mis tropiezos que pase, por todo su apoyo económico, moral y sentimental que siempre me dieron de forma incondicional con el firme deseo de verme realizado y cumplir este sueño que tuve desde niño.

Mis sobrinos Danae Sarai (Mi niña), Gustavo, Irving, Kirta y Axel a todos ustedes porque quiero que también sigan superándose y alcancen sus sueños y que estos les despierten el deseo por llegar aun mas lejos.

“ESTE LOGRO Y ESTE TRIUNFO SON SUYOS”

AGRADECIMIENTOS

A Dios, sus Ángeles y Arcángeles por cuidarme y guiar mi camino alejando los peligros, percances y accidentes que pudieran hacerme daño.

Al Dr. José Alfredo Flores Cabrera por brindarme la oportunidad de trabajar en sus investigaciones, compartir sus conocimientos y experiencias que servirán en la formación de mi vida profesional

Al grupo de investigadores que constituyen el centro de investigación en reproducción caprina (CIRCA), Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, Dr. Horacio Hernández Hernández, Dr. Gerardo Duarte Moreno, Dr. Jesús Vielma Sifuentes por compartir experiencias de la vida profesional y su colaboración para revisar y corregir esta tesis.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - UL y maestros (especialmente al MVZ EPBA Carlos Ramírez Fernández) que en ella se encuentran por orientarme, educarme y compartir experiencias durante estos cinco años en mi formación como Médico Veterinario Zootecnista.

A las Familias Anzures Castillo Y Ayala García por sus consejos, por darme trabajo en vacaciones, su amistad y por que más que amigos son como mi segunda familia. Gracias.

A mis amigos MVZ Benjamín, MVZ Misael, MVZ Norberto, Luis Alberto, José Carlos y LCC Marisa por su amistad incondicional, su tiempo para escucharme y palabras de aliento para seguir adelante a pesar de las adversidades de la vida, y también a todas aquellas personas que de alguna forma me apoyaron para salir adelante y poder realizar esta tesis.

INDICE GENERAL	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LA LITERATURA	2
1. Actividad sexual de los caprinos y ovinos.....	2
2. Inducción de la actividad sexual de los machos.....	3
3. Importancia del comportamiento sexual de los machos en la inducción de la actividad sexual de las hembras.....	4
4. Efecto de la alimentación en la actividad sexual de los machos ovinos y caprinos.....	5
OBJETIVO	7
HIPOTESIS	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
1. Localización del experimento.....	8
2. Animales experimentales.....	8
2.1-Machos.....	8
3. Introducción de los machos.....	9
4. Variables determinadas.....	9
4.1- Comportamiento sexual de los machos.....	9

5. Análisis de datos.....	10
RESULTADOS.....	11
1. Aproximaciones.....	11
2. Olfateos ano-genitales.....	12
3. Flehmen.....	13
4. Intentos de monta.....	14
5. Montas con penetración.....	15
DISCUSIÓN.....	16
CONCLUSION.....	18
LITERATURA CITADA.....	19

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Número de aproximaciones registradas durante 2 horas diarias los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con las hembras anovulatorias. Los tres grupos fueron sometidos al tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales. Literales diferentes indican diferencia estadística entre grupos.....11
- Figura 2.** Número de olfateos ano-genitales durante 2 horas diarias los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con las hembras anovulatorias. Los tres grupos fueron sometidos al tratamiento fotoperiódico de días largos. Literales diferentes indican diferencia estadística entre grupos.....12
- Figura 3.** Número de flehmen registrado en los tres grupos de machos durante 2 horas diarias los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con hembras anovulatorias. Literales diferentes indican diferencia estadística entre grupos.....13
- Figura 4.** Intentos de monta registrados en los tres grupos de machos. Las observaciones se realizaron durante 2 horas diarias los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con las hembras. Literales diferentes indican diferencia estadística entre grupos.14
- Figura 5.** Número de montas con penetración registradas en los tres grupos de machos. Las observaciones se realizaron durante 2 horas diarias los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con las hembras. Literales diferentes indican diferencia estadística entre grupos.....15

RESUMEN

El presente estudio se realizó para determinar si los machos cabríos alimentados con un complemento alimenticio al final del tratamiento de días largos mejoran su comportamiento sexual al ser puestos en contacto con hembras anovulatorias. Se utilizaron 15 machos cabríos criollos adultos, divididos en tres grupos. Estos animales fueron alojados en instalaciones abiertas. Un grupo (Bien alimentado n=5) 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. Un segundo grupo (Complementado n=4) se mantuvo con una dieta de 0.5 de sus necesidades del primero de Noviembre al 15 de Enero, a partir del 16 de Enero se les dio un complemento alimenticio de 2 kg de alfalfa y 0.5 kg de avena por día y por animal para aumentar y mantener su condición corporal en 2.5 por el resto del estudio. Un tercer grupo (Subalimentado n=5) fue alimentado con una dieta a base de alfalfa y avena de tal manera que mantuvieran una condición corporal de 1.5 durante todo el estudio. Todos los machos se sometieron al tratamiento de días largos artificiales (16 horas de luz/día) a partir del primero de Noviembre y hasta el 15 de Enero. En Abril, dos machos de cada grupo fueron puestos en contacto con 50 hembras anovulatorias (proporción 1 macho/25 hembras). Todos los machos permanecieron con las hembras durante 12 días. Se evaluó el comportamiento sexual de los machos dos horas diarias durante 12 días a partir de que fueron puestos en contacto con las hembras y se registraron las siguientes conductas: número de aproximaciones, olfateos, intentos de monta, montas con penetraciones y flehmen. Se registró un efecto del grupo ($P \leq 0.0001$) en todas las conductas evaluadas en los machos cabríos y estas conductas variaron durante el experimento en los tres grupos (efecto del tiempo, $P \leq 0.001$). De igual manera, se registró una interacción entre grupos y tiempo ($P \leq 0.001$). Los resultados del presente estudio demuestran que un complemento alimenticio proporcionado al final del tratamiento fotoperiódico mejora el comportamiento sexual de los machos cabríos al ser puestos en contacto con hembras durante el anestro estacional.

Palabras clave: Caprinos, comportamiento sexual, efecto macho, complementación alimenticia, fotoperiodo.

INTRODUCCIÓN

En el país existen aproximadamente nueve millones de caprinos, y un porcentaje importante se encuentra en la Comarca Lagunera. Los caprinos de la región se caracterizan por manifestar marcadas variaciones en su actividad reproductiva; es decir, presentan 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 se manifiesta de Enero a Abril (Delgadillo *et al.*, 1999), mientras que en las hembras se registra 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 las hembras, la estación sexual es más corta en animales que se encuentran subalimentados que en los bien alimentados (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Zarazaga *et al.*, 2003). De igual manera, existen numerosos estudios que demuestran que la respuesta de los machos subalimentados es de menor duración e intensidad, 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 primero de Noviembre. A su vez, estos machos sexualmente activos manifiestan un mayor número de conductas y son muy eficientes para estimular mediante el efecto macho, la actividad sexual de las cabras durante el periodo de anestro (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). Estudios recientes en nuestro laboratorio demuestran que los machos subalimentados responden al tratamiento fotoperiódico pero de una manera retardada y de menor intensidad que los machos bien alimentados (Flores *et al.*, 2010). Por ello, es necesario determinar si un suplemento alimenticio al final del tratamiento con días largos artificiales mejora su comportamiento sexual al ser puestos en contacto con hembras anovulatorias.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.- Actividad sexual estacional de los caprinos y ovinos

Los caprinos y ovinos originarios de latitudes subtropicales o templadas muestran variaciones en su ciclo anual de actividad sexual. Cuando los machos permanecen en contacto con las hembras durante todo el año, en la mayoría de las razas caprinas y ovinas los partos ocurren solo durante algunos meses del año. Lo anterior es debido a una marcada estacionalidad que se registra tanto en las hembras como en los machos (Restall, 1992; Rivera *et al.*, 2003; Delgadillo *et al.*, 2003). Al igual que otras especies, la estacionalidad reproductiva de los caprinos es un fenómeno adaptativo para que los partos ocurran en el momento óptimo para favorecer la sobrevivencia de las crías de estas especies (Ortavant *et 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 (Delgadillo *et al.*, 2003). La estacionalidad reproductiva en las hembras 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, en el norte de México, el periodo de anestro en las cabras locales ocurre en Marzo y Agosto (Duarte *et al.*, 2008). En los machos cabríos del norte de México su actividad sexual ocurre de Mayo a Diciembre, y es caracterizada por altas concentraciones plasmáticas de testosterona, un intenso comportamiento y olor sexual, un elevado peso testicular y una elevada producción espermática (Cruz *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).

La estacionalidad reproductiva de los caprinos es controlada por las variaciones de la duración del día (fotoperiodo) que es el principal factor del medio ambiente que estos pequeños rumiantes utilizan para sincronizar su actividad sexual (Thiery *et al.*, 2002; Delgadillo *et al.*, 2004; Malpoux, 2006). Sin embargo

hay otros factores como las relaciones socio-sexuales y la disponibilidad de alimento que pueden modificar el patrón de reproducción de estos 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.- Inducción de la actividad sexual de los machos

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 (Malpaux *et al.*, 1997; Duarte *et al.*, 2010). En condiciones artificiales, cuando los 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 (Lincoln y Short, 1980). Sin embargo, no existe un tratamiento fotoperiódico que asegure efectos permanentes. Por ejemplo, en los machos ovinos de las razas Merino y Suffolk, mantenidos durante dos años bajo un fotoperiodo de equinoccio (12 h de luz/día), la circunferencia testicular presentó variaciones similares a las observadas en los animales testigos sujetos al fotoperiodo natural (Martin *et al.*, 1999). 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 los machos locales de la Comarca Lagunera, la utilización de 2.5 meses de días largos (16 h de luz/día) a partir del primero 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 ano-genitales, fueron 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).

3. Importancia del comportamiento sexual de los machos en la inducción de la actividad sexual de las hembras

Cando las hembras caprinas son expuestas al macho, la respuesta sexual puede variar dependiendo de la intensidad del comportamiento sexual de los machos y a la nutrición de ambos sexos (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 una actividad sexual débil o baja únicamente el 78% de ellas ovula (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.*, 1993) 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, 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 anestrícas (>80%). Al contrario, los machos no tratados que solo perciben las variaciones naturales del fotoperíodo 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.

4.- Efecto de la alimentación en la actividad sexual de los machos ovinos y caprinos

En algunas razas ovinas y caprinas que manifiestan una estacionalidad reproductiva, la alimentación modula la actividad sexual anual, mientras que en otras es un potente factor que determina el inicio del ciclo anual de reproducción (Martin y Walden-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-hipofisiario, induciendo un incremento de dos a tres veces en la pulsatilidad de LH (Boukhliq y Martin, 1997). En cambio, los efectos a largo plazo estático y dinámico (más de tres semanas), además de actuar sobre este eje, 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 suplementados durante la primavera, período 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). 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).

En los machos cabríos, la alimentación también 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). La 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 (Brown y Restall, 1995). Así mismo existen estudios que demuestran que la calidad de la alimentación en los machos influye en la eficiencia para estimular a la actividad sexual de las hembras a través del efecto macho. 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).

OBJETIVO

Determinar si un complemento alimenticio al final del tratamiento de días largos artificiales mejora el comportamiento sexual de los machos cabríos al ser puestos en contacto con hembras anovulatorias.

HIPOTESIS

Un complemento alimenticio al final del tratamiento de días largos artificiales mejora el comportamiento sexual de los machos cabríos al ser puestos en contacto con hembras anovulatorias.

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 ubican en la Comarca Lagunera la cual tiene una latitud 26° Norte y a una altitud que varía de 1100 a 1400 metros sobre el nivel del mar. Las variaciones fotoperiodicas en la Comarca Lagunera 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

Se utilizaron 15 machos cabríos criollos adultos divididos en tres grupos. Los machos se mantuvieron estabulados en instalaciones abiertas de 10 x 6 m. Un primer grupo de machos (Bien alimentado n=5) 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. Un segundo grupo de machos (Complementado n=4) se mantuvo con una dieta de 0.5 de sus necesidades del primero de Noviembre al 15 de Enero, a partir del 16 de Enero se les dio un complemento alimenticio de 2 kg de alfalfa y 0.5 kg de avena por día y por animal para aumentar y mantener su condición corporal en 2.5 por el resto del estudio. El tercer grupo de machos (Subalimentado n=5) 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. Todos los machos se sometieron al tratamiento de días largos artificiales (16 horas de luz/día) a partir del primero de Noviembre y hasta el 15 de Enero.

3. Introducción de los machos

Para determinar el comportamiento sexual de los machos se utilizaron 150 cabras criollas adultas multíparas y anovulatorias. Para ello, el 26 de Marzo de 2010, el grupo de machos (Bien alimentado n=5) fue puesto en contacto con 48 hembras. El segundo grupo de machos (Complementado n=4) fue puesto en contacto con 49 hembras. El tercer grupo de machos (Subalimentado n=5) fue puesto en contacto con 51 hembras. En los tres grupos los machos permanecieron con las hembras por 12 días.

4. Variables determinadas

4.1 Comportamiento sexual de los machos

El comportamiento sexual de los machos se evaluó durante dos horas diarias (08:00-10:00 horas) los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con las hembras anovulatorias. Las conductas evaluadas fueron: número de flehemen, olfateos ano-genitales, aproximaciones, intentos de montas y montas con penetración.

Olfateos ano-genitales: identificación olfativa que consiste en oler la zona ano-genital de la hembra.

Flehmen: mímica particular en donde el labio superior es recogido o levantado hacia arriba.

Aproximación: la búsqueda de la pareja se denota por la adopción de una postura de la cabeza extendida con una prolongación del lomo. Si la hembra acepta, el macho corteja con una rotación de la cabeza hacia la hembra, una

emisión sonora de baja frecuencia y un movimiento de la pata anterior en extensión hacia la hembra.

Intento de monta: fase en las que se llevan a cabo las tentativas de apareamiento.

Monta con penetración (cópula): es considerada cuando el macho monta y penetra a la hembra. Esta acción es de corta duración y la eyaculación se acompaña por un movimiento pélvico hacia adelante y de un movimiento de la cabeza hacia atrás, con un eventual despegue de los miembros posteriores.

5. Análisis de datos

El comportamiento sexual de los machos se analizó mediante un análisis de varianza a dos factores (tiempo y grupo). Además, las conductas de cada día se compararon entre los tres grupos mediante una prueba exacta de probabilidades de Fisher.

RESULTADOS

1. Aproximaciones

En el número de aproximaciones se registró un efecto del grupo ($P < 0.0001$) y estas conductas variaron durante el experimento en los tres grupos (efecto del tiempo, $P < 0.001$). De igual manera, se registró una interacción entre grupos y tiempo ($P < 0.001$). Los primeros 3 días de contacto con las hembras, el número de aproximaciones fue mayor en los machos bien alimentados que en los machos complementados y subalimentados. Posteriormente del día 4 al 10 no se registraron diferencias muy marcadas entre los tres grupos. Sin embargo, en las últimas observaciones los machos complementados registraron un mayor número de aproximaciones que los machos bien alimentados y subalimentados (Figura 1).

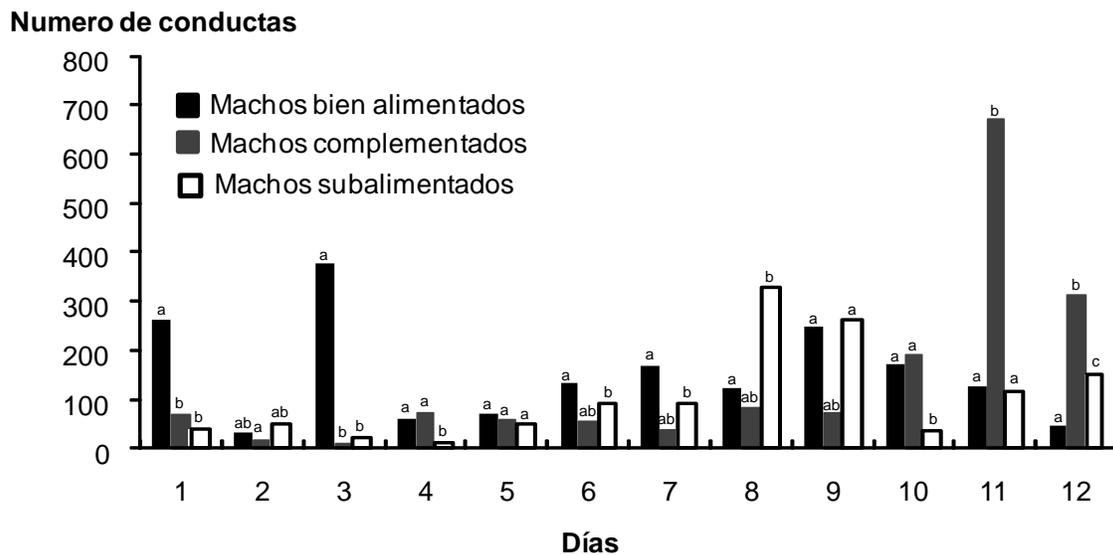


Figura 1. Número de aproximaciones registradas durante 2 horas diarias los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con las hembras anovulatorias. Los tres grupos fueron sometidos al tratamiento fotoperiódico de días largos. Literales diferentes indican diferencia estadística entre grupos.

2. Olfateos ano-genitales

El número de olfateos registró un efecto del grupo ($P < 0.0001$) y estas conductas variaron durante el experimento en los tres grupos (efecto del tiempo, $P < 0.0001$). De igual manera, se registró una interacción entre grupos y tiempo ($P < 0.0001$). En efecto, en los primeros 7 días de contacto con las hembras, los machos bien alimentados registraron un mayor número de olfateos ano-genitales que los machos complementados y subalimentados. En cambio, no se registró diferencia entre los machos complementados y subalimentados. No se registró diferencia entre los machos bien alimentados y complementados los días 11 y 12 (Figura 2).

Numero de conductas

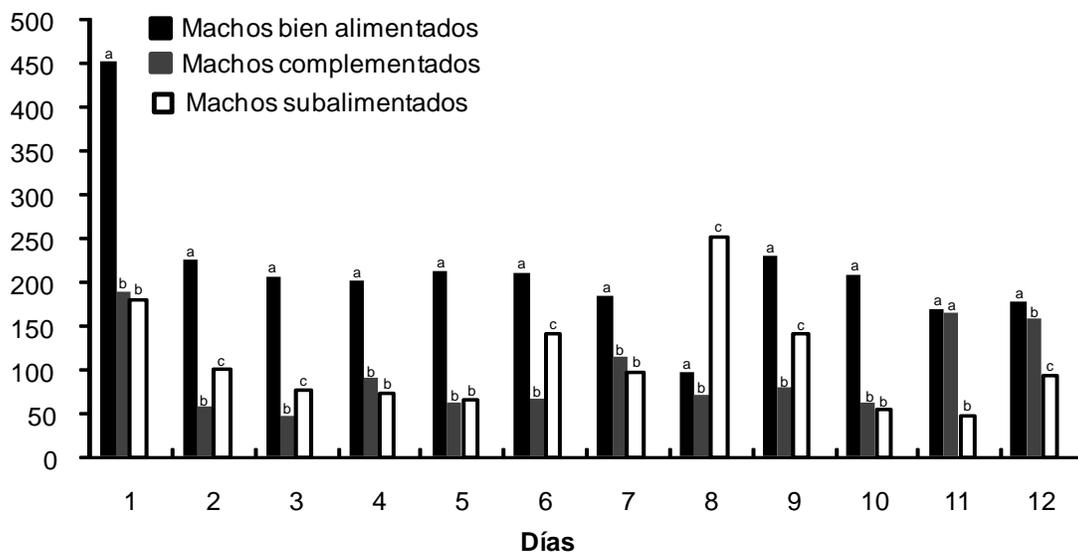


Figura 2. Número de olfateos ano-genitales durante 2 horas diarias los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con las hembras anovulatorias. Los tres grupos fueron sometidos al tratamiento fotoperiódico de días largos. Literales diferentes indican diferencia estadística entre grupos.

3. Flehmen

El número de flehmen registrados en los tres grupos de machos mostró un efecto del grupo ($P < 0.0001$) y un efecto del tiempo ($P < 0.0001$). De igual manera, se registró una interacción entre grupo y tiempo del estudio ($P < 0.0001$). El número de flehmen fue mayor en los machos bien alimentados en los primeros 5 días de contacto con las hembras. Posteriormente, a partir del día 6 no se registró diferencia significativa entre los tres grupos (Figura 3).

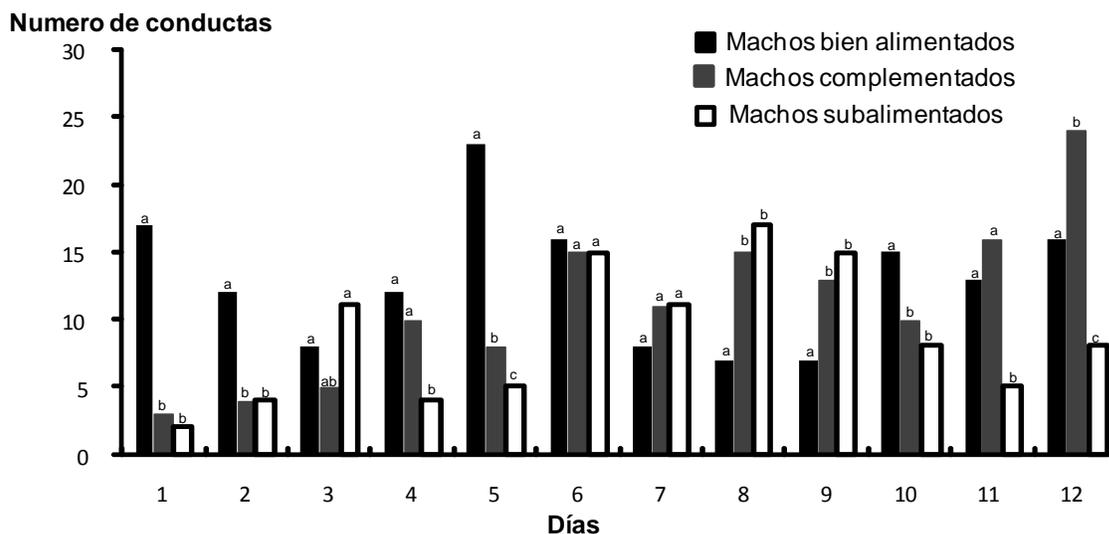


Figura 3. Número de flehmen registrado en los tres grupos de machos durante 2 horas diarias los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con hembras anovulatorias. Literales diferentes indican diferencia estadística entre grupos.

4. Intentos de monta

El número de intentos montas registró un efecto del grupo ($P < 0.0001$) y un efecto del tiempo ($P < 0.0001$). De igual manera, se registró una interacción entre grupo y tiempo del estudio ($P < 0.0001$). El número de intentos de monta registradas en el día uno y tres los machos bien alimentados fue mayor respecto a los demás grupos, de igual forma ocurrió del día siete al día 10. Posteriormente el día 11 los machos complementados presentaron un número mayor a los demás grupos (Figura 4).

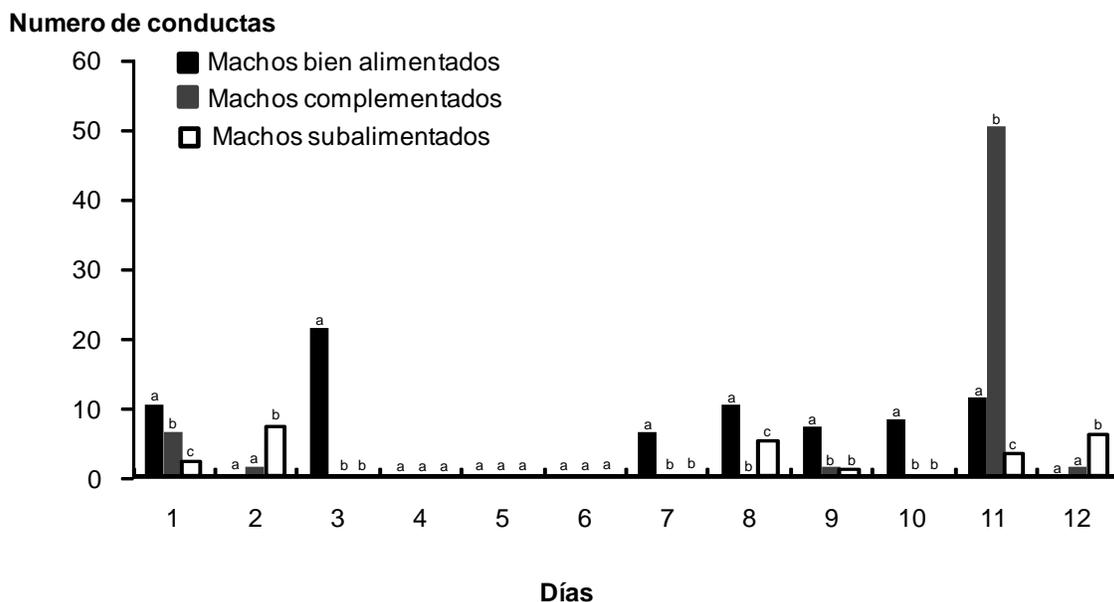


Figura 4. Intentos de monta registrados en los tres grupos de machos. Las observaciones se realizaron durante 2 horas diarias los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con las hembras. Literales diferentes indican diferencia estadística entre grupos.

5. Montas con penetración

El número de montas registradas en los tres grupos de machos mostró un efecto del grupo ($P < 0.0001$) y un efecto del tiempo ($P < 0.0001$). De igual manera, se registró una interacción entre grupo y tiempo del estudio ($P < 0.0001$). El día 1, 3 y 7 los machos bien alimentados presentaron diferencias respecto a los demás grupos de machos, sin embargo a partir del día 8 no hubo diferencias significativas (Figura 5).

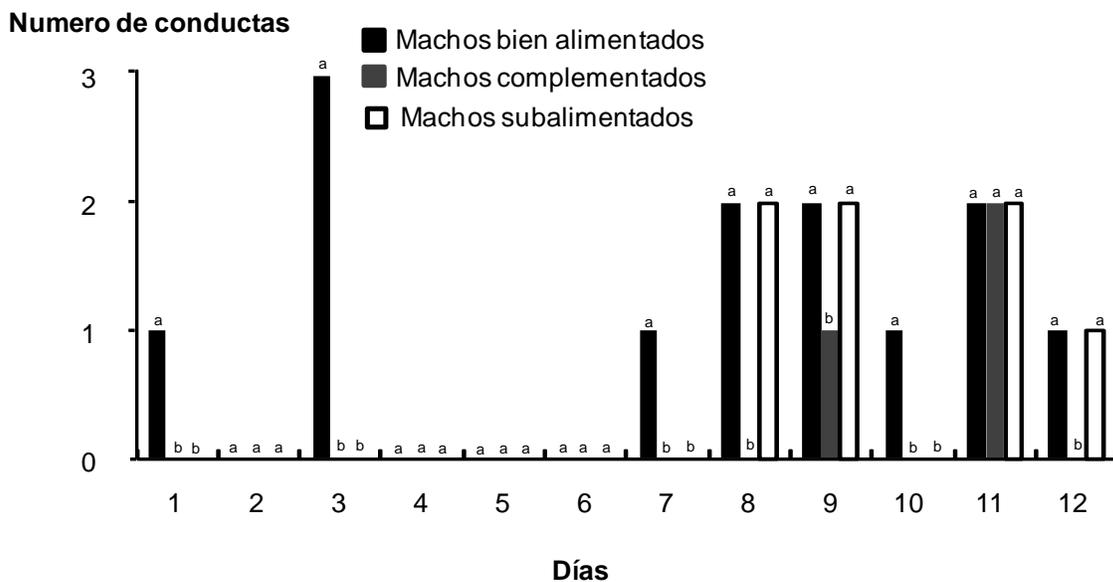


Figura 5. Número de montas registradas en los tres grupos de machos. Las observaciones se realizaron durante 2 horas diarias los primeros 12 días después de ser puestos en contacto con las hembras. Literales diferentes indican diferencia estadística entre grupos.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten demostrar que un suplemento alimenticio al final del tratamiento fotoperiódico en los machos cabríos subalimentados mejora su comportamiento sexual al ser puestos en contacto con hembras anovulatorias. En efecto la mayoría de las conductas registradas por los machos suplementados en los primeros días de contacto con las hembras, se mejoró al recibir el suplemento alimenticio y al aumentar la condición corporal de estos machos. 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.

Por otro lado, la respuesta encontrada en los machos bien alimentados coinciden y son consistentes con la mayoría de los estudios realizados anteriormente en la Comarca Lagunera donde se utiliza el modelo de machos tratados para inducir la actividad sexual de las cabras anovulatorias (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Luna-Orozco *et al.*, 2008). En todos los estudios, los machos tratados con días largos responden al tratamiento y muestran un mayor número de conductas 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 proporcionan un estímulo muy fuerte que permite la inducción de las hembras durante el anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2006; 2009). Al contrario, los machos subalimentados y los machos suplementados manifestaron un comportamiento sexual (aproximaciones laterales, olfateos y vocalizaciones) menos intenso en los primeros días de contacto con las hembras que los machos bien alimentados. Lo anterior se debió probablemente a que los machos bien alimentados tenían reservas corporales que les permitió iniciar su actividad sexual en el mes de marzo. En cambio, en los machos suplementados, el complemento

alimenticio inició a partir del 16 de Enero, lo cual provocó que la respuesta de estos machos fuera más tarde que en los machos bien alimentados. Sin embargo, a los pocos días de contacto con las hembras, el comportamiento sexual de estos machos se incrementó y a partir del día 6 ya no existió diferencia con los machos bien alimentados. Es probable que después de varios días de contacto con los machos suplementados, algunas hembras iniciaran su actividad sexual y probablemente esto permitió un mejoramiento del comportamiento sexual de los machos y un incremento de la producción de feromonas en los machos. En efecto, la presencia de hembras en estro permite un reforzamiento del estímulo entre machos y hembras (Walkden-Brown *et al.*, 1993) y/o una estimulación hembra-hembra (Restall *et al.*, 1995). Lo anterior permitió que no se registrara diferencia entre los machos en los últimos días de contacto. Con relación a los machos subalimentados también se registró un incremento en las conductas a partir del día 5. Lo anterior demuestra que los machos subalimentados, aun cuando se encuentran en una condición corporal baja, tienen la capacidad responder al tratamiento fotoperiódico. Lo anterior demuestra que una vez más este factor es el más importante en la regulación de la actividad sexual de estas especies estacionales y es probable que en estos machos, el fotoperiodo tenga una influencia mayor que la alimentación sobre la actividad sexual, así como se propuso para las razas originarias de las zonas templadas (Malpoux *et al.*, 1999).

En conjunto estos resultados indican que al proporcionar un suplemento alimenticio al final del tratamiento fotoperiódico en los machos subalimentados mejora la mayoría de las conductas sexuales al ser puestos en contacto con hembras anovulatoria. A su vez estos machos pueden ser utilizados para estimular la actividad sexual de las cabras durante el anestro.

CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio demuestran que un complemento alimenticio proporcionado al final del tratamiento fotoperiodico mejora el comportamiento sexual de los machos cabríos al ser puestos en contacto con hembras durante el anestro estacional.

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. *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.
- Chemineau, P., Baril, G., Leboeuf, B., Maurel, M.C., Roy, F., Peciller-Rubio, M., Malpaux, B., Cognie, Y. 1999. Implications of recent advances in reproductive physiology for reproductive management of goats. *Reprod. Fertil. Suppl.* 54:129-142.
- Chemineau, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A., Guérin, Y., Ravault, J.P., Thimonier, J., Pelletier, J. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 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. *Tec. Pec. Mex.* 45:93-100.
- Delgadillo, J.A, Flores, J.A, Veliz, F.G, Duarte, G., Vielma, J., Hernández, H., Fernández, I.G. 2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reprod. Nutr. Dev.* 46:1-10.
- Delgadillo, J.A., Fitz-Rodriguez, G., Duarte, G., Véliz, F.G., Carrillo, E., Flores, J.A., Vielma, J., Hernández, H., Malpaux, B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod. Fertil. Dev.* 16:471-478.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Veliz, F.C., Hernández, H., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2002. Induction of sexual activity of lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *Anim. Sci.* 80:2780-2786.
- Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A., Martin, G.B. 2009. The male effect in sheep and goats-Revisiting the dogmas. *Behav. Brain. Res.* 2003:304-314.
- Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D., Malpaux, B. 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in

- male Creole goats in subtropical northern México. *Theriogenology*. 52:727-737.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Veliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpoux, B. 2003. Control de la reproducción en el subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiodicos y efecto macho. *Vet. Mex.* 1:69-79.
- 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. *Anim. Reprod. Sci.* 120:65-70.
- 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. *Domest. Anim. Endocrinol.* 35:362-370.
- Flores, J.A., Lemiree, 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. P 112.
- Flores, J.A., Veliz, F.G., Pérez-Villanueva, J.A., Martínez de la Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2000. Male reproductive condition in 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.
- Lincoln, G. y Short, R. 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Rec. Prog. Res.* 39:283-288.
- Luna-Orozco, J.R., Fernández, I.G., Geles, H., Delgadillo, J.A. 2008. Parity of female goats does not influence their estrus and ovulatory responses to the male effect. *Anim. Reprod. Sci.* 106:352-360.
- Malpoux, B. 2006. Seasonal regulation of reproduction in mammals. In: Knobl and Neill's *Physiology of Reproduction*, Third Edition, Ed. JD Neill. Amsterdam: Elsevier 2231-2281.
- Malpoux, B., Delgadillo, J.A., Chemineau, P. 1997. Neuroendocrinología del fotoperiodo en el control de la actividad reproductiva. Seminario internacional: tópicos Avanzados en Reproducción Animal. 12 Septiembre, Montecillo, México: 23-41.
- Martin, G.B., Tjondronegoro, S., Boukhliq, R., Blacberry, 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., Rodger, J., Blanche, D. 2004. Nutritional and Environmental effects on reproduction in small ruminants. *Reprod. Fertil. Dev.* 16:491-498.
- Martin, G.B., Walkden-Brown, S.W. 1995. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *Reprod. Fertil.* 49: 437-449.
- Mellado, M., Vera, A., Loera, H. 1994. Ability of androgenized goat wethers and does to induce estrus in goat under extensive conditions during anestrus and breeding seasons. *Small Rumin. Res.* 23:37-42.
- 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.
- 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. *Reprod. Fertil. Dev.* 7:305-345.
- 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. *Anim. Sci.* 72:51-55.
- Restall, B.J. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 27:305-318
- Restall, B.J., Restall, H., Walkden-Brown, S.W. 1995. The induction of ovulation in anovulatory goats by estrous females. *Anim. Reprod. Sci.* 40:299-303.
- 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 male. *Anim. Sci.* 85:1257-1263.
- 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: 223-231.

- Walkden-Brown, S.W., Martin, G.B., Restall, B.J., 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *Reprod. Fertil.* 54: 243-257.
- Wlakden- Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B. 1994. Effect of nutrition on seasonal patterned of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland, volume and odour in Australian Cashmere goats. *Reprod. Fertil.* 102:351-360.
- Wlakden- Brown, S.W., Restall, B.J., Henniawati. 1993. The male effect in Australian cashmere goats. 3. Enhancement with buck nutrition and use of oestrous female. *Anim. Reprod. Sci.* 93:69-84.
- Zarazaga, L.A., Guzmán, J.L., Dominguez, C., Pérez, M.C., Prieto, R. 2005. Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Anim. Reprod. Sci.* 87:253-267.
- Zarazaga, L.A., Malpoux, B., Chemineau, P. 2003. Amplitude of the plasma melatonin rhythm is not with the dates of onset and offset of the seasonal ovulatory activity in the Ile-de- France ewe. *Reprod. Nut. Dev.* 43:167-177.