

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**LOS MACHOS CABRÍOS SUBALIMENTADOS SON
CAPACES DE INDUCIR LA ACTIVIDAD
OVULATORIA DE LAS CABRAS SOMETIDAS AL
EFECTO MACHO**

**POR:
RUDY ALBERTO BARRANCO BARRRANCO**

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTÉCNISTA

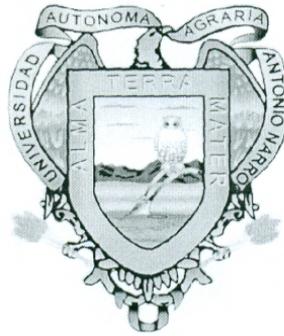
TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**LOS MACHOS CABRÍOS SUBALIMENTADOS SON
CAPACES DE INDUCIR LA ACTIVIDAD
OVULATORIA DE LAS CABRAS SOMETIDAS AL
EFECTO MACHO**

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTÉCNISTA

POR:

RUDY ALBERTO BARRANCO BARRANCO

ASESOR PRINCIPAL

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

TORREÓN, COAHUILA; MÉXICO

JUNIO DE 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



TESIS

**LOS MACHOS CABRÍOS SUBALIMENTADOS SON
CAPACES DE INDUCIR LA ACTIVIDAD
OVULATORIA DE LAS CABRAS SOMETIDAS AL
EFECTO MACHO**

ASESOR PRINCIPAL

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL
DE CIENCIA ANIMAL**

M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

**Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal
JUNIO DE 2010**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



TESIS APROBADA POR EL H. JURADO EXAMINADOR

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA
PRESIDENTE

DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ
VOCAL

DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ
VOCAL

DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES
VOCAL SUPLENTE

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**LOS MACHOS CABRÍOS SUBALIMENTADOS SON
CAPACES DE INDUCIR LA ACTIVIDAD
OVULATORIA DE LAS CABRAS SOMETIDAS AL
EFECTO MACHO**

POR:

RUDY ALBERTO BARRANCO BARRRANCO

**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 2010

DEDICATORIAS

En principio a Dios por ser motivo de tranquilidad y paz en los momentos más adversos, de tristeza, soledad, preocupación o angustia, y poder salir siempre adelante, levantarme en cada caída y poder terminar satisfactoriamente esta maravillosa carrera.

A mis padres, el *Sr. Antero Barranco Arcega* y la *Sra. Antonia Barranco Cerezo*, que les agradezco de todo corazón el que siempre me brindaron su apoyo, tanto moral como económico, tal vez sin importarles que fueran los momentos más difíciles para yo poder realizar esta meta, terminar una carrera universitaria y ser todo un profesionalista; claro sin dejar fuera al par de hermanos que estos señores me dieron: *Lic. Psic. Lizzet Barranco Barranco* y *Edilberto Barranco Barranco*.

A *Marina Alicia Vega Rodríguez*, mi novia, por acompañarme en la etapa más importante de mi vida, al brindarme su apoyo de una manera incondicional, por comprenderme, aconsejarme, ayudarme a tomar siempre la decisión más correcta y demostrarme que existen muy buenas personas en el mundo; gracias por regalarme parte de tu tiempo, por eso y muchas otras cosas más T.Q.H. Malli.

A la *M.V.Z. Anayanki Roblero Toledo* y *M.V.Z. Mayra Luisa Álvarez Duarte* por ser muy buenas amigas, por toda su ayuda, consejos y compañía en todo momento, sin importarles que fueran los más difíciles que pasamos durante nuestra carrera, por el simple hecho de hacerme sentir que no estaba solo... muchas gracias por todo Anita, mil gracias May.

Si te caes siete veces... levántate ocho.

AGRADECIMIENTOS

Quiero patentizar las muestras de mi agradecimiento a cada una de las personas que tuvieron algo que ver para la posible realización de este trabajo de investigación, en especial al Dr. José Alfredo Flores Cabrera, por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo bajo su supervisión.

A todas las personas que laboran para el Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA), al Dr. Horacio Hernández Hernández, Dr. Jesús Vielma Sifuentes, Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez por su asistencia en la revisión de esta tesis, así como al Dr. Gerardo Duarte Moreno y al Dr. Gonzalo Fitz-Rodriguez; ya que sin ello, no podría ser posible la realización de estos proyectos de investigación.

Así mismo a la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Unidad Laguna; por el simple hecho brindarme la oportunidad de ser uno de sus alumnos, a todas las personas que influyeron para formarme como un profesionalista, un Médico Veterinario Zootecnista, y de terminar una carrera universitaria.

Gracias mi *Alma Terra Mater*.



ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Índice de figuras.....	i
RESUMEN.....	ii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Estacionalidad reproductiva de los caprinos.....	2
2.2 Respuesta de las hembras al efecto macho.....	3
2.3 Factores que modifican la respuesta de las hembras al efecto macho.....	3
2.3.1 Comportamiento sexual del macho.....	4
2.3.2 Influencia de la alimentación en la actividad sexual de los caprinos.....	4
OBJETIVO.....	6
HIPÓTESIS.....	6
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
3.1 Localización del experimento.....	7
3.2 Animales experimentales.....	7
3.2.1 Machos.....	7
3.2.2 Hembras.....	7
3.3 Efecto macho.....	8
3.4 Variables determinadas.....	8
3.4.1 Actividad sexual de los machos.....	8
3.4.2 Actividad ovulatoria.....	8
3.4.3 Tasa ovulatoria.....	9
3.4.4 Tasa de gestación.....	9
3.4.5 Fertilidad al parto.....	9
3.4.6 Prolificidad.....	9
3.5 Análisis de datos.....	9

IV. RESULTADOS.....	10
4.1 Actividad sexual de los machos.....	10
4.2 Porcentaje de hembras que ovularon.....	11
4.3 Tasa ovulatoria.....	11
4.4 Tasa de gestación.....	12
4.5 Fertilidad al parto.....	12
4.6 Prolificidad.....	12
V. DISCUSIÓN.....	13
VI. CONCLUSIÓN.....	15
VII. LITERATURA CITADA.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Comportamiento sexual de los machos bien alimentados y de los machos subalimentados sometidos al tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales y puestos en contacto con hembras anovulatorias.....	10
Figura 2. Porcentaje de cabras que ovularon durante los 18 días de contacto con los machos bien alimentados y los machos subalimentados.....	11

RESUMEN

El presente estudio se realizó para determinar si los machos cabríos subalimentados y sometidos a un tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales, son capaces de estimular la actividad ovulatoria de las cabras mediante el efecto macho. Se utilizaron 14 machos cabríos Criollos adultos divididos en dos grupos. Estos animales se mantuvieron alojados en instalaciones abiertas de 10 x 6 m. Un grupo de machos (Subalimentados; n=7) fue alimentado con una dieta a base de alfalfa y avena y una condición corporal de 1.5 ± 0 durante todo el estudio. Los otros machos (Bien alimentados; n=7) fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y 300 g de concentrado comercial (14% de P.C.) por día y por animal y mantuvieron una condición corporal promedio de 3.0 ± 0 . Se utilizaron también, 52 cabras Criollas adultas multíparas y anovulatorias, divididas en dos grupos homogéneos, considerando la condición corporal. El día 5 de abril del 2009 un grupo de hembras (n=26) fue puesto en contacto con 2 machos subalimentados. El otro grupo de hembras (n=26) fue puesto en contacto con 2 machos bien alimentados. Todos los machos permanecieron con las hembras durante 18 días. La actividad ovulatoria se determinó mediante ultrasonografía transrectal realizada al día 6 y 18 después de la introducción de los machos. La tasa ovulatoria fue determinada mediante el número de cuerpos lúteos registrados en ambos ovarios al momento de realizarse las ecografías. El porcentaje de hembras gestantes se determinó a los 45 días mediante ultrasonografía abdominal. La fertilidad se determinó con el número de hembras que parieron en relación al número de las expuestas al macho. La prolificidad se determinó con el número de crías nacidas dividido entre el número de cabras que parieron. Los porcentajes de ovulaciones y de hembras gestantes se compararon mediante la prueba χ^2 . La tasa ovulatoria fue comparada mediante una prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. El porcentaje total de cabras que ovularon durante los 18 días de contacto con los 2 grupos de machos no fue diferente ($P>0.05$) para las hembras en contacto con machos bien alimentados (100%) y para las hembras en contacto con machos subalimentados (96%).

La tasa ovulatoria fue mayor ($P < 0.05$), en las hembras en contacto con los machos bien alimentados (1.7 ± 0.2), que en las hembras expuestas a los machos subalimentados (1.2 ± 0.1) en el primer periodo. En cambio, en el segundo periodo la tasa ovulatoria fue similar (1.8 ± 0.1 ; $P > 0.05$) en los dos grupos. La tasa de gestación no fue diferente ($P > 0.05$) en el grupo sometido a machos bien alimentados (83.3%) y el grupo expuesto a machos subalimentados (76.91%). En la fertilidad al parto las hembras que estuvieron en contacto con los machos bien alimentados (66.67%) fue similar ($P > 0.05$), en el grupo de hembras expuestas a machos subalimentados (69.23%). En la prolificidad no difirió ($P > 0.05$) en el grupo expuesto a machos bien alimentados (1.63 ± 0.14) que las hembras expuestas a los machos subalimentados (1.89 ± 0.12). Estos resultados indican que los machos cabríos subalimentados sexualmente activos son capaces de inducir la actividad ovulatoria de las cabras anovulatorias sometidas al efecto macho.

Palabras Clave: Cabras, alimentación, efecto macho, tratamiento fotoperiódico.

I. INTRODUCCIÓN

En el territorio nacional se explotan aproximadamente 9 millones de caprinos, y un porcentaje importante se encuentra en la Comarca Lagunera (5 %). 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 Comarca Lagunera se caracterizan por manifestar marcadas variaciones en su actividad reproductiva, es decir, 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 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 raza. 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 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). 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 largos artificiales a partir de noviembre. A su vez, estos machos sexualmente activos son muy eficientes para estimular, mediante el efecto macho, la actividad de las cabras durante el periodo de anestro (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). Sin embargo, la mayoría de estos estudios sobre efecto macho han sido realizados con machos estabulados y bien alimentados y se desconoce si los machos subalimentados sometidos al tratamiento de días largos artificiales son eficientes para inducir la actividad sexual de las hembras anéstricas mediante el efecto macho.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estacionalidad reproductiva de los caprinos

En los caprinos de zonas subtropicales se ha reportado una estacionalidad en la actividad reproductiva tanto de machos como de hembras caprinas (Restall, 1992; Delgadillo *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2002; Duarte *et al.*, 2008). Al igual que otras especies, la estacionalidad reproductiva de los caprinos es un fenómeno adaptivo para que los partos ocurran en el momento óptimo para favorecer la sobrevivencia de las crías (Ortavant *et al.*, 1985). La estacionalidad en la actividad reproductiva se caracteriza por la alternancia de un periodo de reposo sexual o anestro seguido por un periodo de actividad sexual (Duarte *et al.*, 2008). La estación sexual 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 sucesión de ciclos estrales y ováricos de 21 días de duración en promedio. En los machos la estación sexual se desarrolla en primavera y verano (mayo-diciembre; Delgadillo *et al.*, 1999) y se caracteriza porque los machos manifiestan un intenso comportamiento sexual, olor y elevadas concentraciones de testosterona plasmática.

La estacionalidad reproductiva de los caprinos es controlada principalmente por las variaciones del fotoperiodo a través del año (Thiery *et al.*, 2002; Delgadillo *et al.*, 2004; Malpaux, 2006). En condiciones artificiales, es decir, cuando se manipula el fotoperiodo, los días cortos estimulan la actividad sexual, y los días largos la inhiben (Lincoln y Short, 1980; Delgadillo *et al.*, 1991; 1992; 2004).

Sin embargo, recientemente se ha demostrado que las relaciones socio-sexuales y la nutrición pueden modificar el patrón de reproducción estacional en machos y hembras (Martin *et al.*, 2004; Forcada y Abecia, 2006; Delgadillo *et al.*, 2009). En algunas razas ovinas y caprinas que manifiesta 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 Walkden-Brown, 1995).

2.2 Respuesta de las hembras al efecto macho

La actividad sexual de las hembras anéstricas puede inducirse al ponerlas en contacto con un macho. Este fenómeno de bioestimulación, capaz de estimular y sincronizar el estro, es conocido como efecto macho (Chemineau, 1987). La respuesta hormonal (secreción de LH) es inmediata al contacto con el macho, mientras que las respuestas conductuales (estro) y la ovárica (ovulación) se produce en los primeros 5 días de contacto entre hembras y machos (Chemineau, 1987; Delgadillo *et al.*, 2009; Vielma *et al.*, 2009). En las hembras anéstricas, la frecuencia de pulsos de LH es baja, sin embargo, pocos minutos después del contacto con los machos se produce un incremento en la frecuencia de los pulsos de LH (Martin *et al.*, 1986; Chemineau, 1987). La mayoría de las hembras presentan un ciclo ovárico de corta duración, que en promedio dura de 5 a 7 días (Chemineau *et al.*, 2006). En las cabras después de este ciclo corto, se produce otra ovulación que se acompaña de un estro en un 95% de ellas, seguido de una fase lútea de duración normal (Chemineau, 1987; Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002).

2.3 Factores que modifican la respuesta de las hembras al efecto macho

La respuesta de las hembras expuestas al estímulo del macho puede variar debido a 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, la restricción alimenticia en los mamíferos puede afectar las regiones del hipotálamo que regulan la liberación y producción de hormonas de la glándula pituitaria involucradas en los procesos reproductivos (Dunn y Moss, 1992) y probablemente del anestro estacional en las especies con comportamiento reproductivo estacional (Forcada *et al.*, 1992). De igual manera, el comportamiento sexual mostrado por los machos puede romper el anestro estacional de las cabras y ovejas (Perkins y Fitzgerald, 1994; Flores *et al.*, 2000).

2.3.1 Comportamiento sexual del macho

En el macho cabrío, el comportamiento sexual se manifiesta por algunas conductas como el automarcaje, olfateos ano-genitales, el flehmen, las aproximaciones laterales, los intentos de monta y montas (Price *et al.*, 1986; Fabre-Nys, 2000). En varios estudios se ha demostrado que la intensidad de la conducta sexual desplegada de los machos hacia las hembras, influye en la respuesta estral y ovulatoria de éstas (Perkins y Fitzgerald, 1994; Flores *et al.*, 2000). Los machos con alta actividad sexual inducen un mayor número de hembras al estro (95%) que los machos con baja libido (78%). De la misma forma, los machos inducidos a una intensa actividad sexual al ser sometidos a un tratamiento fotoperiódico y que como consecuencia muestran una intensa libido, inducen la actividad sexual (estros y ovulaciones) en la mayoría de las hembras a diferencia de los machos no tratados y que manifiestan poca conducta sexual, los cuales son incapaces de inducir una respuesta a las hembras (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002).

2.3.2 Influencia de la alimentación en la actividad sexual de los caprinos

La alimentación juega un papel muy importante en la respuesta sexual de las hembras expuestas al efecto macho. La proporción de hembras que despliegan una conducta estral y ovulatoria en respuesta a los machos es más alta en hembras bien alimentadas que en las hembras subalimentadas (Khaldi, 1984; Henniawati y Fletcher, 1986; Wright *et al.*, 1990; Kusina *et al.*, 2001). El intervalo entre la introducción de los machos y el inicio de la actividad estral es más prolongado en las hembras subalimentadas (5 días), que tienen una baja condición corporal, que en las hembras bien alimentadas, que tienen una alta condición corporal (2 días; Mellado *et al.*, 1994). De igual manera, la subalimentación también afecta la tasa ovulatoria de las hembras expuestas al efecto macho (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

En los machos cabríos, la alimentación también tiene gran importancia en el control del ciclo anual de la reproducción (Walkden-Brown *et al.*, 1994). Existen estudios que demuestran que los machos sometidos a una dieta de alta calidad muestran periodos reproductivos más largos 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 animales sometidos a una dieta de baja calidad (Walkden-Brown *et al.*, 1994). De igual manera, 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 caprinos Criollos del Norte de México (26° N), la alimentación también influye en la actividad sexual anual aun cuando no es el factor medioambiental más importante para su estacionalidad reproductiva (Duarte *et al.*, 2008). Por ejemplo, en las cabras Criollas que se explotan en condiciones extensivas, la actividad reproductiva termina un mes antes que en las hembras mantenidas en estabulación (Duarte *et al.*, 2008).

OBJETIVO

Determinar si los machos cabríos subalimentados tratados con días largos artificiales son capaces de inducir la actividad ovulatoria de las cabras anéstricas mediante el efecto macho.

HIPÓTESIS

Los machos cabríos subalimentados tratados con días largos artificiales son capaces de estimular la respuesta ovulatoria de las cabras anéstricas.

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), dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna, Torreón y en el Ejido Corea, Municipio de Matamoros. Ambas localidades se encuentran ubicadas en la Comarca Lagunera de Coahuila, México (latitud 26° 23' N, longitud 104° 47' O; y 1,100 msnm).

3.2 Animales experimentales

3.2.1 Machos

Se utilizaron 14 machos cabríos Criollos adultos divididos en dos grupos. Estos animales se mantuvieron alojados en instalaciones abiertas de 10 x 6 m. Un grupo de machos (Subalimentados; n=7) fue alimentado con una dieta a base de alfalfa y avena y mantuvo una condición corporal de 1.5 ± 0 durante todo el estudio. Los otros machos (Bien alimentados; n=7) fueron alimentados con heno de alfalfa a libre acceso y 300 g de concentrado comercial (14% de P.C.) por día y por animal y mantuvieron una condición corporal promedio de 3.0 ± 0 durante todo el estudio. En los dos grupos se proporcionó agua y sales minerales a libre acceso. Los machos fueron sometidos al tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz/día) a partir del 1 de noviembre como lo descrito por Delgadillo *et al.* (2002).

3.2.2 Hembras

Se utilizaron 52 cabras Criollas adultas multíparas y anovulatorias. Estas cabras estuvieron estabuladas en un corral de 15 x 20 m y fueron alimentadas con 2.0 kg de heno de alfalfa y 200 g de concentrado comercial (14% de P.C.) por día y por animal; el agua y los minerales se proporcionaron a libre acceso.

La ciclicidad de las hembras se determinó mediante ultrasonografía transrectal. Para ello se realizó una ecografía 10 días antes de la introducción de los machos. El criterio para determinar si una hembra está cíclica, fue la presencia de al menos un cuerpo lúteo en las ecografías (de Castro *et al.*, 1999). Las hembras cíclicas fueron eliminadas del estudio. Las hembras anovulatorias fueron divididas en dos grupos homogéneos (n=26 c/u) considerando la condición corporal.

3.3 Efecto macho

El 5 de abril del 2009 (día 0) a las 0800, un grupo de hembras fue puesto en contacto con 2 machos subalimentados. El otro grupo de hembras fue puesto en contacto con 2 machos bien alimentados. Todos los machos permanecieron con las hembras durante 18 días.

3.4 Variables determinadas

3.4.1 Actividad sexual de los machos

La actividad sexual de los machos se observó durante dos horas diarias los primeros 3 días después de ser puestos en contacto con las hembras. La observación consistió en evaluar: flehmen, olfateos ano-genitales, aproximaciones laterales, intentos de monta, montas (con penetración y sin penetración) y automarraje con orina.

3.4.2 Actividad ovulatoria

La actividad ovulatoria se determinó mediante ultrasonografía transrectal realizada al día 6 y 18 después de la introducción de los machos. Para ello se utilizó un Scanner modo-B (Aloka SSD, Tokio, Japón) equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz. El criterio para determinar si una hembra había ovulado fue la presencia de al menos un cuerpo lúteo en los ovarios (de Castro *et al.*, 1999).

3.4.3 Tasa ovulatoria

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

3.4.4 Tasa de gestación

Se determinó el porcentaje de hembras gestantes a los 45 días mediante ultrasonografía abdominal. Para ello, se utilizó un equipo de ultrasonido con un transductor de 3.0 MHz.

3.4.5 Fertilidad al parto

La fertilidad al parto fue determinada con el número de hembras que parieron en relación al número de hembras expuestas al macho.

3.4.6 Prolificidad

La prolificidad se determinó con el número de crías nacidas dividido entre el número de cabras que parieron.

3.5 Análisis de datos

Las proporciones (% de ovulaciones, % de hembras gestantes) fueron comparadas mediante una prueba χ^2 . La tasa ovulatoria fue comparada mediante una prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney. La prolificidad fue comparada mediante una prueba de t de Student.

IV. RESULTADOS

4.1 Actividad sexual de los machos

Durante los tres días de observación del comportamiento sexual de los machos, el número de olfateos, aproximaciones y vocalizaciones fue mayor ($P < 0.05$) (Figura 1) en los machos bien alimentados que en los machos subalimentados. En cambio, en el número de montas, intentos de montas, automarcajes con orina y flehmen no difirieron ($P > 0.05$) entre los dos grupos de machos.

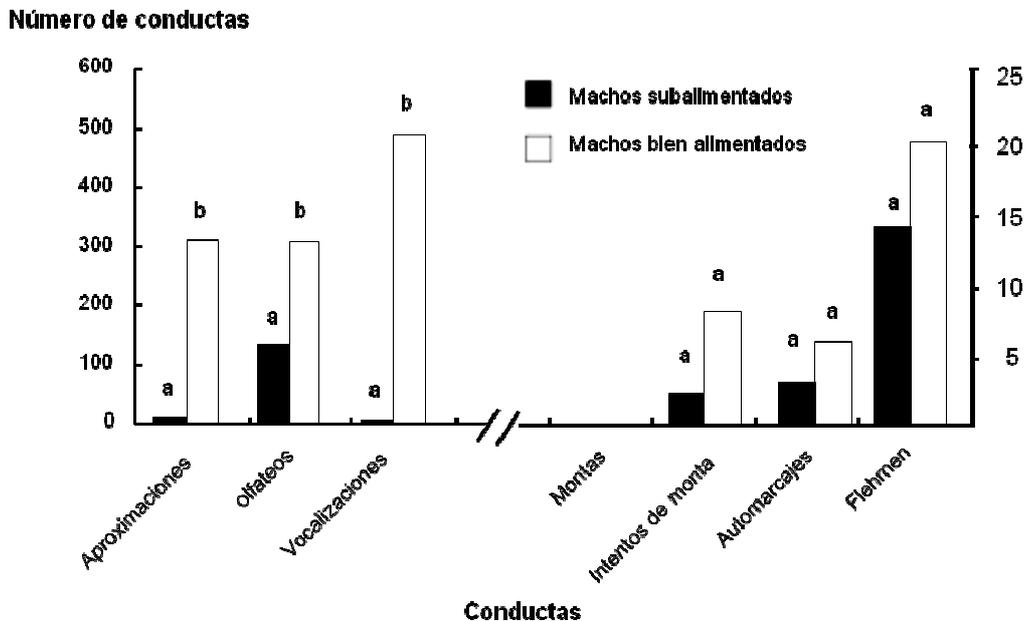
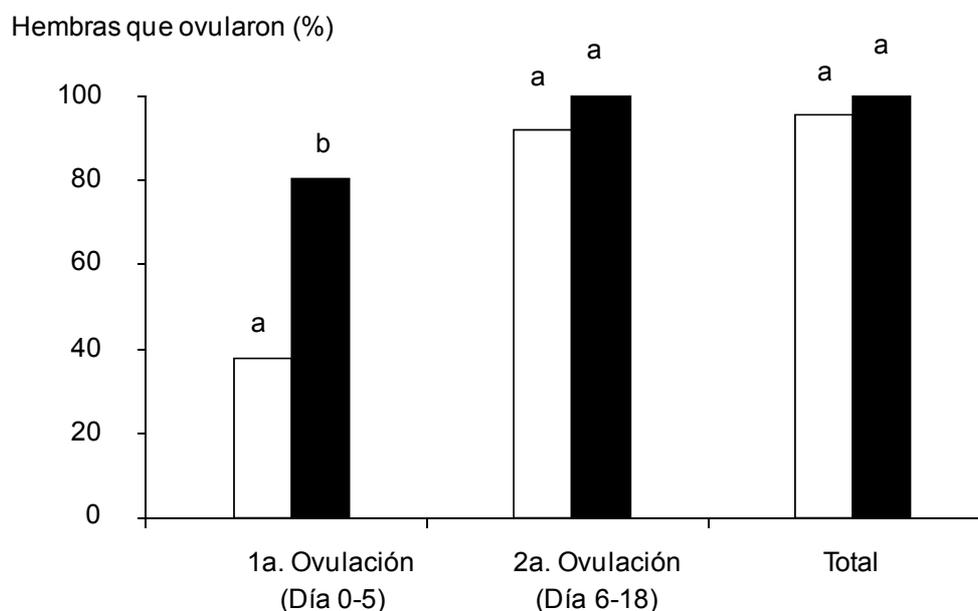


Figura 1. Comportamiento sexual de los machos bien alimentados y de los machos subalimentados sometidos al tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales y puestos en contacto con hembras anovulatorias. Las observaciones se realizaron durante 2 horas diarias los primeros 3 días después de ser puestos en contacto con las hembras.

4.2 Porcentaje de hembras que ovularon

El porcentaje de cabras que ovularon durante los 18 días de contacto con los machos bien alimentados y los machos subalimentados fue de 100% (26/26) y 96% (25/26), respectivamente (Figura 2). En el primer periodo de actividad (días 0-5) el porcentaje de ovulaciones fue mayor ($P < 0.05$) en las hembras en contacto con los machos bien alimentados que en las hembras en contacto con los machos subalimentados. En cambio, en el segundo periodo (días 6-18) no se encontró diferencia significativa entre ambos grupos ($P > 0.05$) para las hembras en contacto con machos bien alimentados y con machos subalimentados, respectivamente.



4.3 Tasa ovulatoria

La tasa ovulatoria registrada en el primer periodo (días 0-5) fue mayor (1.7 ± 0.2 ; $P < 0.05$) en las hembras que estuvieron en contacto con los machos bien alimentados que en las hembras expuestas a los machos subalimentados (1.2 ± 0.2). Sin embargo, en el segundo periodo de actividad (días 6-18) la tasa ovulatoria fue igual en ambos grupos (1.8 ± 0.01 ; $P > 0.05$).

4.4 Tasa de gestación

El porcentaje de cabras que fueron diagnosticadas gestantes al día 45 después de la introducción de los machos fue similar ($P>0.05$) entre las cabras en contacto con los machos bien alimentados (83.3%), que en aquellas en contacto con machos subalimentados (76.9%).

4.5 Fertilidad al parto

La fertilidad al parto en hembras que estuvieron en contacto con los machos bien alimentados (66.67%) fue similar ($P>0.05$), en el grupo de hembras expuestas a machos subalimentados (69.23%).

4.6 Prolificidad

La prolificidad registrada en las hembras que estuvieron en contacto con los machos bien alimentados fue similar (1.63 ± 0.14) a las hembras expuestas a los machos subalimentados (1.89 ± 0.12 ; $P>0.05$).

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten demostrar que los machos cabríos subalimentados son capaces de inducir la actividad ovulatoria de las hembras anovulatorias. En efecto, el porcentaje de cabras que ovularon durante los 18 días que estuvieron en contacto con los machos subalimentados fue superior al 90%, similar al grupo de hembras expuesto a los machos bien alimentados. De igual manera, la tasa ovulatoria, la fertilidad y la prolificidad fue similar en los dos grupos. Lo anterior demuestra que los machos subalimentados, aun cuando se encuentran en una condición corporal baja, tienen la capacidad de inducir una respuesta ovulatoria y tener un buen porcentaje de fertilidad y prolificidad en aquellas cabras expuestas a ellos.

Sin embargo, el porcentaje de hembras que ovularon en el grupo expuesto a los machos subalimentados fue menor al grupo expuesto a machos bien alimentados en los primeros 5 días de contacto. Esta diferencia en la respuesta ovulatoria de las hembras pudo ser debido probablemente a que los machos subalimentados manifestaron un comportamiento sexual (aproximaciones laterales, olfateos y vocalizaciones) y un olor menos intenso en los primeros días que los machos bien alimentados y eso resultó en un menor estímulo para las hembras. Al respecto, Walkden-Brown *et al.* (1994) demostraron que los machos que tienen una mejor alimentación tienen un mayor tamaño de las glándulas sebáceas y por consiguiente una mayor intensidad de olor que los machos mal alimentados. De igual manera, los machos mejor alimentados despliegan una actividad sexual más intensa y son capaces de estimular un mayor número de cabras anovulatorias que los machos mal alimentados (67% vs 38%; Walkden-Brown *et al.*, 1993).

Sin embargo, la respuesta total de las hembras que ovularon en el grupo en contacto con machos subalimentados no fue diferente de la mostrada por las hembras que estuvieron en contacto con machos bien alimentados. Lo anterior se debió probablemente al tratamiento fotoperiódico al cual fueron sometidos los dos grupos de machos.

Es probable que en estos machos, el fotoperiodo tenga una influencia mayor que la alimentación sobre la actividad sexual, así como se propuso para las razas originarias de las zonas templadas (Malpaux *et al.*, 1999). En efecto, existen trabajos que demuestran la respuesta de los machos cabríos a los tratamientos fotoperiódicos (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2001; 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007).

A pesar que el comportamiento sexual de los machos bien alimentados en los primeros días fue superior al mostrado por los machos subalimentados, estos últimos fueron capaces de inducir la ovulación en la mayoría de las cabras en un periodo de 18 días. Es probable que después de varios días de contacto con los machos subalimentados, 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 subalimentados. 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 dos grupos. Finalmente, es interesante señalar que a pesar de que los machos subalimentados mostraron un comportamiento sexual inferior al menos en los primeros días, al mostrado por los machos bien alimentados, los resultados de fertilidad sugieren que la producción espermática (cuantitativa y cualitativamente) de los machos subalimentados fue suficiente para preñar las hembras.

VI. CONCLUSIÓN

Los resultados permiten concluir que los machos cabríos subalimentados y expuestos a 2.5 meses de días largos artificiales para inducirlos a la actividad sexual fuera de la estación natural, son capaces de inducir la respuesta ovulatoria de las cabras en periodo de anestro.

VII. LITERATURA CITADA

Cruz-Castejón, U., F.G. Véliz, R. Rivas-Muñoz, J.A. Flores, H. Hernández y G. Duarte. (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**(1): 93-100.

Chemineau, P. (1987). "Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats". *Livest Production Science* **17**:135–147.

Chemineau, P., M. Pellicer-Rubio, N. Lassoued, G. Khaldi y D. Monniaux. (2006). "Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis." *Reproduction, Nutrition and Development* **46**(4): 417-429.

De Castro, T., Rubianes E., Menchaca A., Rivera A. (1999). "Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the interovulatory interval in goats". *Theriogenology* **52**: 399-411.

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., Carrillo E., Morán J., Duarte G., Chemineau P., Malpoux B. (2001). "Induction of sexual activity of male Creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin". *Journal of Animal Science* **79**: 2245-2252.

Delgadillo, J.A., G. Canedo, P. Chemineau, D. Guillaume y B. Malpoux. (1999). "Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico." *Theriogenology* **52**(4): 727-737.

Delgadillo, J.A., Gelez H., Ungerfeld R., Hawken P.A., Martin G.B. (2009). "The male effect in sheep and goats - revisiting the dogmas". *Behavioural Brain Research* **200**:304-314.

- Delgadillo, J.A., G. Fitz-Rodríguez, G. Duarte, F.G. Véliz, E. Carrillo, J.A. Flores, J. Vielma, H. Hernandez y B. Malpaux. (2004). "Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics." *Reproduction, Fertility and Development* **16**(4): 471-478.
- Delgadillo, J.A., J.A. Flores, F.G. Véliz, G. Duarte, J. Vielma, H. Hernandez, *et al.* (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., J.A. Flores, F.G. Véliz, H. Hernández, G. Duarte, J. Vielma, P. Poindron, P. Chemineau y B. Malpaux. (2002). "Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days." *Journal of Animal Science* **80**(11): 2780-2786.
- Delgadillo, J.A., B. Leboeuf y P. Chemineau. (1991). "Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles." *Theriogenology* **36**(5): 755-770.
- Delgadillo, J.A., B. Leboeuf y P. Chemineau. (1992). "Abolition of seasonal variations in semen quality and maintenance of sperm fertilizing ability by photoperiodic cycles in goat bucks." *Small Ruminant Research* **9**(1): 47-59.
- Duarte, G., J.A. Flores, B. Malpaux y J.A. Delgadillo. (2008). "Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability." *Domestic Animal Endocrinology* **35**(4): 362-370.
- Dunn, T.G., Moss G.E. (1992). "Effects of nutrient deficiencies and excess on reproductive efficiency of livestock". *Journal of Animal Science*; **70**: 1271-1283.
- Fabre-Nys, C. (2000). "Le comportement sexuel des caprins: contrôle hormonal et facteurs sociaux". *INRA Production Animal* **13**: 11-23
- Fitz-Rodríguez, G., De Santiago-Miramontes M.A., Scaramuzzi R.J., Malpaux B., Delgadillo J.A. (2009). "Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in females goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect". *Animal Reproduction Science* **116**: 85-94.

Flores, J.A., F.G. Véliz, J. Pérez-Villanueva, G. Martínez De La Escalera, P. Chemineau, P. Poindron, B. Malpoux y J.A. Delgadillo. (2000). "Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats." *Biology of Reproduction* **62**(5): 1409-1414.

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

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.

Henniawati, Fletcher I.C. (1986). "Reproduction in Indonesian sheep and goats at two levels of nutrition". *Animal Reproduction Science* **12**:77-84.

Khaldi, G. (1984). "Variation saisonnières de l'activité ovarienne, du comportement d'oestrus et le durée de l'anoestrus post-partum des females ovines de race Barbarine: influences du niveau alimentaire et la presence du male". Thèse de Doctorat. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier, France.

Kusina, N.T., Chinuwo T., Hamudikuwanda H., Ndlovu L.R., Muzanenhamo S. (2001). "Effect of different dietary energy and fertility in Mashona goats does". *Small Ruminant Research* **39**: 283-288.

Lincoln, G. y Short R. (1980). "Seasonal breeding: nature's contraceptive." *Recent Progress in Hormone Research* **36**: 1-43.

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

Malpoux, B., Thiéry J.C., Chemineau P. (1999). "Melatonin and the seasonal control of reproduction". *Reproduction, Nutrition and Development* **339**: 355-366.

Martin, G.B., J. Rodger y D. Blache. (2004). "Nutritional and environmental effects on reproduction in small ruminants." *Reproduction, Fertility and Development* **16**(4): 491-498.

- Martin, G.B., Walkden-Brown S.W. (1995). "Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats". *Journal Reproduction Fertility* (49): 437-449.
- Martin, G.B., Oldham C.M., Cognié Y., Pearce D.T. (1986). "The physiological response of anovulatory ewes to the introduction of rams". A review. *Livest Production Science* **15**:219-247.
- 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., A. Vera y H. Loera. (1994). "Reproductive performance of crossbred goats in good or poor body condition exposed to bucks before breeding." *Small Ruminant Research* **14**(1): 45-48.
- Ortavant, R., J. Pelletier, J. Ravault, J. Thimonier, P. Volland. (1985). "Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm mammals." *Reproduction, Fertility and Development* **7**:305-345.
- Perkins, A. y J. Fitzgerald. (1994). "The behavioral component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes." *Journal of Animal Science* **72**(1): 51-55.
- Price, E.O., Smith V.M., Katz L.S. (1986). "Stimulus conditions influencing self-enurination, genital grooming and flehmen in male goats". *Animal Behavior Science* **16**: 371-381.
- Restall, B.J. (1992). "Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats". *Animal Reproduction Science* **27**:305-318.
- Restall, B.J., Restall H., Walkden-Brown S.W. (1995). "The induction of ovulation in anovulatory goats by estrous females". *Animal Reproduction Science* **40**:299-303.
- Rivaz-Muñoz, R., Fitz-Rodríguez G., Poindron P., Malpaux 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**: 1257-63.

- Rivera, G.M., Alanis G.A., Chaves M.A., Ferrero S.B., Morello H.H. (2002). "Seasonality of estrus and ovulation in creole goats of Argentina". *Small Ruminant Research* **48**:109-117.
- Thiery, J.C., Chemineau P., Hernandez X., Migaud M., Malpoux B. (2002). "Neuroendocrine interactions and seasonality". *Domestic Animal Endocrinology* **23**: 87-100.
- Vielma, J., Chemineau P., Poindron P., Malpoux B., Delgadillo J.A. (2009). "Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrus female goats". *Hormones and Behavior* **55**: 444-449.
- Walkden-Brown, S.W., B. Restall, B. Norton, R. Scaramuzzi y G. Martin. (1994). "Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats." *Reproduction* **102**(2): 351-360.
- 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. (1993). "The male effect in the Australian cashmere goat. 2. Role of olfactory cues from the male". *Animal Reproduction Science* **32**: 55-67.
- Wright, P.J., Geytenbeek P.E., Clarke I.J. (1990). "The influence of nutrient status of post-partum ewes on ovarian cyclicity and on the oestrous and ovulatory responses to ram introduction". *Animal Reproduction Science* **23**: 293-303.
- 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.