

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



POR:

RODRIGO MANUEL AROÑA SERRANO

TESIS:

EL COMPLEMENTO ALIMENTICIO Y SU EFECTO SOBRE LA TASA
OVULATORIA Y LA FERTILIDAD DE LAS CABRAS MANTENIDAS
EN PASTOREO EXTENSIVO SEDENTARIO Y BIOESTIMULADAS
CON MACHOS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



TESIS

POR:

RODRIGO MANUEL AROÑA SERRANO

ASESOR PRINCIPAL


DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

TESIS

POR:

RODRIGO MANUEL AROÑA SERRANO

ASESOR PRINCIPAL

DR. GONZALO FITZ RODRIGUEZ

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL
DE CIENCIA ANIMAL

M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

PRESIDENTE DE JURADO



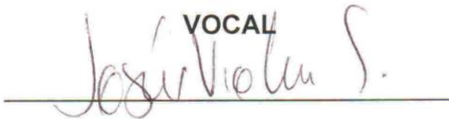
DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

VOCAL



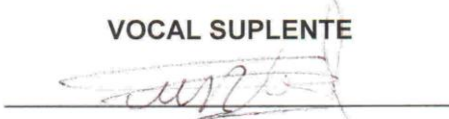
DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

VOCAL



DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

VOCAL SUPLENTE



DR. GERARDO DUARTE MORENO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

POR:

RODRIGO MANUEL AROÑA SERRANO

Elaborado bajo la supervisión del comité particular de asesoría

ASESOR PRINCIPAL:

DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

ASESORES:

DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

DR. GERARDO DUARTE MORENO

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA

Índice

I.	Resumen	iii
II.	Introducción	1
III.	Revisión de literatura.....	3
1.	Estacionalidad reproductiva en ovinos y caprinos.....	3
2.	Efecto macho, técnica de bioestimulación	4
3.	Factores que pueden afectar la respuesta estral y ovulatoria de las hembras expuestas al efecto macho.....	5
3.1.	<i>Comportamiento sexual</i>	5
3.2.	<i>Efecto de la condición corporal en la respuesta sexual y reproductiva de las hembras expuestas al efecto macho</i>	6
3.3.	<i>Complementación alimenticia y efecto macho</i>	7
IV.	Objetivos	9
V.	Hipótesis.....	9
VI.	Materiales y métodos	10
1.	Localización del experimento.....	10
2.	Animales y manejo zootécnico	10
2.1.	<i>Machos</i>	10
2.2.	<i>Hembras</i>	11
3.	Variables determinadas	12
3.1.	<i>Actividad ovulatoria</i>	12
3.2.	<i>Tasa ovulatoria</i>	12
3.3.	<i>Tasa de gestación (45 días)</i>	13

3.4.	<i>Fertilidad al parto</i>	13
3.5.	<i>Prolificidad</i>	13
4.	Análisis de datos	13
VII.	Resultados	15
1.	Actividad ovulatoria.....	15
2.	Tasa ovulatoria	15
3.	Tasa de gestación.....	15
4.	Fertilidad al parto.....	15
5.	Prolificidad	15
VIII.	Discusión.....	17
IX.	Conclusión	19
X.	Literatura citada	20

I. Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar si un complemento alimenticio durante 21 días desde el momento de exponer las hembras a machos sexualmente activos, incrementa las tasas ovulatoria y de gestación en cabras. El estudio se realizó durante el anestro estacional (marzo-abril). Se utilizaron cabras multíparas anovulatorias las cuales se dividieron en 2 grupos homogéneos (n=50 c/u) de acuerdo a su peso vivo y condición corporal. Ambos grupos fueron manejados en condiciones de pastoreo extensivo sedentario y se alimentaban básicamente de la flora natural de las 0900 h a 1800 h, intervalo en el cual los machos (n=4) permanecían en los corrales donde fueron alimentados con heno de alfalfa (18% Proteína Cruda). En la tarde, después del pastoreo, las hembras eran alojadas en corrales abiertos y en presencia de los machos hasta el día siguiente, antes de salir nuevamente al campo. El contacto entre machos y hembras fue por 15 días (n=2 por grupo). Previamente, estos machos fueron sometidos a un tratamiento fotoperiódico de días largos a partir del 1 de noviembre. Un grupo de hembras no recibió complemento alimenticio (grupo no complementado), mientras que al otro grupo (complementado) se le proporcionó una ración que consistió en 260 g de maíz rolado, 110 g de pasta de soya y 900 g de heno de alfalfa por hembra por día. El complemento alimenticio se ofreció a las 0800 h (50% antes del pastoreo) y 1800 h (50% después del pastoreo) a partir de la fecha de introducción de los machos y durante los 21 días posteriores. La tasa ovulatoria se determinó mediante ultrasonografía transrectal al día 18 después de la exposición a los machos. La tasa ovulatoria entre los dos grupos fue comparada con la prueba *U*

de Mann-Whitney. La tasa de gestación se determinó por ultrasonografía transrectal a los 45 días post introducción de los machos, la fertilidad y la prolificidad se determinaron al parto; estos datos fueron analizados con una Chi-cuadrada. La tasa de gestación fue superior ($P < 0.05$) en el grupo complementado (92%) que en el grupo no complementado (76%). La tasa ovulatoria fue superior ($P < 0.05$) en las hembras complementadas (2.0 ± 0.1) que en las no complementadas (1.4 ± 0.1). La fertilidad al parto fue del 70% en el grupo complementado y de 58% en el no complementado ($P < 0.05$). La prolificidad fue diferente ($P < 0.05$) en ambos grupos (1.8 ± 0.1 vs. 1.4 ± 0.1 , respectivamente). Estos resultados demuestran que en las cabras manejadas en pastoreo extensivo sedentario, un complemento alimenticio durante 21 días a partir de la introducción de machos sexualmente activos incrementa las tasas ovulatoria, de gestación, fertilidad y prolificidad al parto.

Palabras clave: Cabras, bioestimulación sexual, nutrición, fertilidad

II. Introducción

La creciente demanda de productos y subproductos de origen animal ha permitido la generación de investigación e innovación tecnológica para que los animales que presentan una estacionalidad en su producción, puedan producir fuera de la estación natural de producción. La producción caprina depende de la eficiencia reproductiva de los animales (Martin y Kadokawa, 2006). Por ello, la estacionalidad reproductiva que manifiestan algunas razas caprinas es un factor limitante para su producción. La inducción de la actividad sexual de las hembras durante el anestro estacional puede hacerse mediante el efecto macho (Flores *et al.*, 2000; Ungerfeld *et al.*, 2004; Pellicer-Rubio *et al.*, 2008). Esta técnica es simple de utilizar, ya que el estro y la ovulación se inducen al poner las hembras en contacto con los machos (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2006; Delgadillo *et al.*, 2010). La respuesta al efecto macho puede variar con el nivel nutritivo de las hembras (Fitz-Rodríguez, 2004; De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008). El sistema de producción extensivo (pastoreo sedentario), es el que predomina en la Región Lagunera (Norte de México) y la disponibilidad de la vegetación disminuye de noviembre a marzo (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991). Los animales se alimentan de la flora natural de la zona y en algunos casos de esquilmos agrícolas y no reciben ningún tipo de complementación alimenticia en el corral. La baja disponibilidad del alimento provoca una subalimentación que disminuye considerablemente la respuesta sexual (estro y ovulación), la fertilidad y prolificidad de las cabras expuestas a los machos (Mellado y Hernández, 1996).

Sin embargo, la complementación alimenticia puede mejorar la respuesta sexual y reproductiva de las cabras expuestas al efecto macho. Un complemento alimenticio de 7 días al momento de poner en contacto los machos y las hembras, incrementa la tasa de ovulación en la primera ovulación inducida por el macho. Asimismo, una complementación alimenticia de 14 días a partir del día 9 de poner en contacto los dos sexos, incrementa la tasa de gestación (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Estos estudios se realizaron en experimentos independientes y se utilizaron diferentes hembras, por lo que no se conoce la respuesta sexual y reproductiva de las cabras que reciben una complementación durante 21 días a partir de la introducción de los machos sometidos a tratamiento fotoperiódico.

III. Revisión de literatura

1. Estacionalidad reproductiva en ovinos y caprinos

Algunas razas de cabras originarias o adaptadas a las latitudes subtropicales muestran una estacionalidad en su actividad reproductiva (Restall, 1992; Delgadillo *et al.*, 2003; Rivera *et al.*, 2003; Fatet *et al.*, 2011). En las hembras, el periodo de anestro está asociado con la ausencia de estros y ovulaciones. Por el contrario, la estación sexual se caracteriza por la sucesión de ciclos estrales y ováricos de 21 ± 3 días de duración. En las hembras de la raza Cashmere de Australia (29° S), la actividad sexual ocurre de febrero a agosto (otoño-invierno) y el periodo de reposo o inactividad sexual de septiembre a enero (primavera-verano; Restall, 1992). En las cabras del subtrópico mexicano (Comarca Lagunera 26° N), la inactividad sexual ocurre de marzo a agosto (primavera-verano) mientras que el periodo de actividad sexual ocurre de septiembre a febrero (otoño-invierno; Duarte *et al.*, 2008).

Los machos cabríos de las razas antes mencionadas también manifiestan variaciones en su actividad sexual. En los machos cabríos de la raza Cashmere, el peso testicular indicativo de la actividad de espermatogénesis, presenta variaciones estacionales de gran amplitud. El peso mínimo es observado durante la primavera y el máximo durante el otoño (Restall, 1991; Walkden-Brown *et al.*, 1994). En el norte de México (26° N), los machos cabríos locales presentan también variaciones del peso testicular y de la producción espermática. En estos

machos, el periodo de actividad sexual se desarrolla de mayo a diciembre y el de reposo de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999). Este último periodo se caracteriza porque la secreción de LH, de testosterona, el peso testicular y la producción espermática cualitativa y cuantitativa se encuentran disminuidas (Delgadillo *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2001). Esta estacionalidad reproductiva resulta de la existencia de un ritmo endógeno de reproducción que es sincronizado por las variaciones anuales del fotoperiodo (Thiery *et al.*, 2002; Malpaux, 2006; Delgadillo *et al.*, 2011). Sin embargo, existen otros factores externos e internos que pueden modificar el ritmo reproductivo anual como la nutrición y las relaciones socio-sexuales (Martin *et al.*, 2004).

2. Efecto macho, técnica de bioestimulación

En las latitudes subtropicales, las ovejas y cabras muestran un patrón estacional reproductivo y su actividad sexual durante el periodo de anestro puede ser estimulada y sincronizada por la introducción de machos en un grupo de hembras, lo cual es llamado el “efecto macho” (Delgadillo *et al.*, 2006). Los machos inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a 2.5 meses de días largos, son capaces de inducir la actividad sexual en hembras durante el anestro en condiciones intensivas o extensivas (Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). La respuesta de las cabras se observa al día 3 postintroducción cuando se registra la ovulación de más del 95%, acompañada de un 62% aproximadamente con comportamiento estral. La mayoría de las cabras

(75%) presentan un ciclo ovulatorio de corta duración y luego de 6 días tiene lugar una segunda ovulación, en la cual se distingue una asociación del estro con relación a las ovulaciones de un 90% (Chemineau, 1987). Estas técnicas de inducción de actividad sexual en cabras durante el anestro estacional (febrero-abril) son simples, baratas y fáciles de integrar en los sistemas de producción de las latitudes subtropicales. Además estas técnicas son sustentables por no requerir del uso de hormonas exógenas (Delgadillo, 2011).

3. Factores que pueden afectar la respuesta estral y ovulatoria de las hembras expuestas al efecto macho

La condición corporal de las hembras (Mellado *et al.*, 1994) y la intensidad del comportamiento sexual de los machos (Delgadillo *et al.*, 2003; Delgadillo *et al.*, 2006), son algunos de los factores que pueden modificar la respuesta sexual y reproductiva de las hembras expuestas a los machos.

3.1. Comportamiento sexual

Los machos sexualmente activos inducidos por tratamiento fotoperiódico, logran inducir la actividad sexual en un mayor número de cabras en anestro, en comparación con machos que se encuentran en reposo sexual (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002). La capacidad de los machos sexualmente activos para

estimular a las cabras puede deberse a que despliegan un mayor número de conductas de cortejo sexual tales como olfateos ano-genitales, flehmen, aproximaciones a las hembras, intentos de monta y montas completas (Flores *et al.*, 2000). Estos resultados sugieren, que la respuesta de las hembras al efecto macho depende de la intensidad de las conductas sexuales del macho (Delgadillo *et al.*, 2002; Delgadillo *et al.*, 2003).

3.2. Efecto de la condición corporal en la respuesta sexual y reproductiva de las hembras expuestas al efecto macho

Una buena condición corporal en ovejas (Jhonson *et al.*, 2011) y cabras obtienen una tasa ovulatoria mayor que las hembras con una baja condición corporal (Henniawati y Fletcher, 1986). En cabras con una mejor condición corporal se observa una reducción en el intervalo de la respuesta sexual (estro al día 2) postintroducción de los machos y se ve retardada (día 6) en las que presentan una menor condición corporal (Mellado *et al.*, 1994). En ovejas, el porcentaje de ciclos cortos es afectado por la condición corporal baja, resultando en una disminución de los ciclos cortos (de 50% a 20%) cuando se tiene una mejor condición corporal (Khaldi, 1984). La fertilidad es mayor en cabras con una mejor condición corporal en comparación con las que tienen una menor condición corporal (Mellado *et al.*, 1996).

3.3. Complementación alimenticia y efecto macho

En Cerdeña (41° N), las ovejas de raza Sarda explotadas en pastoreo y suplementadas con soya durante 14 días antes de la monta y dos días después de ésta, tienen una menor tasa de pérdida embrionaria (3%) que en aquellas hembras suplementadas únicamente durante 7 días antes de la monta (28%; Molle *et al.*, 1997). Esto sugiere que la duración del complemento alimenticio y el momento en que éste se proporciona, tienen una influencia directa sobre el rendimiento reproductivo (Resse *et al.*, 1990; Molle *et al.*, 1995, 1997; Nottle *et al.*, 1997). En las hembras con baja condición corporal un complemento alimenticio mejora la respuesta sexual. La complementación por dos semanas comenzando 2 días antes de la introducción de los machos en ovejas Merino incrementó significativamente la tasa ovulatoria y la prolificidad (Nottle *et al.*, 1992, 1997). En cabras criollas de la Región Lagunera, un complemento alimenticio 7 días antes de la introducción de los machos incrementa la tasa ovulatoria en la primera ovulación inducida por el macho (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008) y un complemento alimenticio de 7 días a partir del contacto incrementa la tasa ovulatoria en la segunda ovulación inducida por el macho (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). La proporción de las cabras criollas que mostraron estro a partir de la introducción de los machos fue mayor en las que fueron complementadas que en las no complementadas (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008). Esta respuesta es similar a la encontrada en cabras criollas en confinamiento donde el intervalo fue más corto que en aquellas mantenidas en pastoreo (Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Sin

embargo, en las cabras criollas subalimentadas y sometidas al efecto macho, un complemento alimenticio durante 14 días, iniciando el día 9 post introducción de los machos, mejora la tasa de gestación (86%) en relación al grupo no complementado (52%; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Sin embargo, no se sabe si la complementación de 21 días consecutivos a partir de la introducción de los machos da buenos resultados, logrando una proporción mayor de cabras que ovulan y aumentando las tasas ovulatoria, de gestación, de fertilidad al parto y la prolificidad.

IV. Objetivos

Determinar si un complemento alimenticio durante 21 días consecutivos a partir de la introducción de los machos modifica la respuesta sexual y reproductiva de las hembras caprinas mantenidas en un sistema de pastoreo extensivo sedentario.

V. Hipótesis

Un complemento alimenticio durante 21 días consecutivos a partir de la introducción de los machos mejora la respuesta sexual y reproductiva de las hembras caprinas que son mantenidas en un sistema de pastoreo extensivo sedentario.

VI. Materiales y métodos

1. Localización del experimento

El experimento fue realizado durante el anestro estacional (marzo-abril) en el ejido Morelos, perteneciente al municipio de Matamoros, en Coahuila de Zaragoza, al norte de México (25°31'40" N, 103°13'41" W; a una altitud de 1100 msnm).

2. Animales y manejo zootécnico

2.1. Machos

El 1 de Noviembre inició el tratamiento fotoperiódico para estimular la actividad sexual a 4 machos cabríos criollos al exponerlos a días largos de 16 horas luz, combinando luz artificial y natural. Se utilizó un sistema de encendido y apagado de 4 tiempos. Las lámparas se encendían por la mañana a las 0600 h y se apagaban a las 0900 h cuando había suficiente luz del día. Por la tarde se encendían a las 1700 h y se apagaban a las 2200 h. La intensidad de la luz en el corral se determinó con un luxómetro (Digital Light Meter, Range 0-50,000 lux ISO-TECH ILM350) y ésta tenía un rango de 300 a 350 lux a la altura de los ojos de los machos. El tratamiento terminó el 15 de enero. Desde esa fecha, los

machos se sometieron a las variaciones crecientes naturales del fotoperiodo (alrededor de 11 horas luz). Este tratamiento permite tener los machos sexualmente activos durante el periodo de reposo sexual (marzo–abril; Delgadillo *et al.*, 2002). Los machos fueron alimentados con heno de alfalfa (18% Proteína Cruda) y 300 g de concentrado comercial (14% Proteína Cruda; 1.7 Mcal/kg) durante el tiempo del tratamiento; las sales minerales y el agua fue a libre acceso.

2.2. Hembras

Se utilizaron 100 cabras adultas multíparas entre los 2 y 4 años de edad. La actividad ovárica fue determinada mediante un equipo de ultrasonido portátil SSD-ALOKA 500 equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz. La presencia de al menos un cuerpo lúteo fue el criterio para determinar si una hembra estaba cíclica (De Castro *et al.*, 1999). Las hembras fueron desparasitadas con Ivermectina en dosis de 0.2 mg/kg mediante inyección subcutánea en única aplicación 30 días previos a la introducción de los machos y la formación de los grupos de hembras.

En el mes de marzo se formaron dos grupos de hembras caprinas anovulatorias (n=50 cada uno).

1) El grupo no complementado se alimentó solamente de la flora natural existente en las áreas de pastoreo (Condición Corporal 1.8 ± 0.1 ; Peso Corporal 39.8 ± 1.5 kg).

2) El grupo complementado se alimentó también de la flora nativa existente en las áreas de pastoreo, pero además recibió una complementación alimenticia de 260 g de maíz roado (8.6% Proteína Cruda), 110 g de pasta de soya (49% Proteína Cruda) y 900 g de heno de alfalfa (18% Proteína Cruda) por animal durante 21 días (Condición Corporal 1.8 ± 0.1 ; Peso Corporal 39.1 ± 1.01 kg). El complemento alimenticio fue ofrecido individualmente dos veces al día a las 0800 h (50% antes del pastoreo) y a las 1800 h (50% después del pastoreo).

3. Variables determinadas

3.1. *Actividad ovulatoria*

La actividad ovulatoria se determinó mediante ultrasonografía transrectal. El criterio para determinar si una hembra había ovulado fue la presencia de al menos un cuerpo lúteo en los ovarios, dividiendo el número de cabras con cuerpo lúteo entre el número de cabras expuestas a macho. Para ello, se realizó una ecografía 18 días después de la introducción de los machos en los dos grupos de cabras.

3.2. *Tasa ovulatoria*

La tasa ovulatoria se determinó contabilizando el número de cuerpos lúteos registrados en uno o ambos ovarios al momento de realizarse la ecografía y divididos entre el número de hembras expuestas a macho.

3.3. Tasa de gestación (45 días)

En ambos grupos se determinó el número de cabras gestantes a los 45 días postintroducción de los machos. Para ello se realizó una ecografía utilizando el transductor transrectal de 7.5 MHz., determinando la preñez mediante la observación del saco gestacional.

3.4. Fertilidad al parto

La fertilidad se determinó al parto en relación con el número de cabras que fueron expuestas al macho.

3.5. Prolificidad

La prolificidad fue obtenida con el número de crías nacidas en relación con las cabras que parieron.

4. Análisis de datos

Las proporciones de hembras que ovularon, la gestación y la fertilidad al parto se compararon mediante una prueba de Chi cuadrada. La tasa ovulatoria y la prolificidad se compararon mediante la prueba no paramétrica *U* de Mann-Whitney. Los análisis estadísticos se realizaron usando el programa SYSTAT 10

(Evenston, IL, USA, 2000). Los resultados se expresan en promedio \pm el error estándar de la media (EEM)

VII. Resultados

1. Actividad ovulatoria

El porcentaje de cabras que ovularon fueron similares en las hembras complementadas y las no complementadas ($P>0.05$; Tabla 1).

2. Tasa ovulatoria

La tasa ovulatoria del grupo de cabras complementado fue superior al de las cabras no complementadas ($P<0.05$; Tabla 1).

3. Tasa de gestación

La proporción de hembras gestantes a los 45 días después de la introducción de los machos en el grupo complementado fue superior a la del grupo no complementado ($P<0.05$; Tabla 1).

4. Fertilidad al parto

La fertilidad de las cabras fue mayor en el grupo complementado que en el grupo no complementado ($P<0.05$; Tabla 1).

5. Prolificidad

La prolificidad fue mayor en el grupo complementado que en el grupo no complementado ($P<0.05$; Tabla 1).

Tabla 1. Respuesta sexual y reproductiva de las cabras anovulatorias que recibieron o no una complementación alimenticia durante 21 días y que se expusieron al efecto macho.

	Grupos	
	Complementado	No Complementado
Ovulación (%)	49/50 (98%) a	47/50 (94%) a
Tasa Ovulatoria	2.0±0.1 a	1.4±0.1 b
Hembras Gestantes a 45d	46/50 (92%) a	38/50 (76%) b
Fertilidad al parto	32/46 (70%) a	22/38 (58%) b
Prolificidad	1.8 a	1.4 b

Literales diferentes en las filas denotan diferencia significativa ($P < 0.05$).

VIII. Discusión

Un complemento alimenticio durante 21 días consecutivos a partir de la introducción de los machos mejora la respuesta sexual y reproductiva de las hembras caprinas que son mantenidas en un sistema de pastoreo extensivo sedentario. Estos resultados coinciden con lo reportado por Fitz-Rodríguez *et al* (2009), quienes lograron incrementar la tasa ovulatoria en la segunda ovulación inducida por el “efecto macho” al proporcionar un complemento alimenticio durante 7 días a partir del contacto macho-hembras. Además coinciden con la tasa de gestación cuando se dio un complemento alimenticio 9 días después de la introducción de los machos (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Nuestros resultados demuestran que con un complemento alimenticio de 21 días mejora la respuesta sexual y reproductiva de las hembras expuestas al efecto macho. El complemento alimenticio no mejoró el porcentaje de hembras que ovularon pero sí las tasas ovulatoria, de gestación, la fertilidad al parto y la prolificidad en las hembras que recibieron un complemento alimenticio. Este incremento en la tasa ovulatoria se debe probablemente a un aumento en las concentraciones de glucosa a nivel ovárico que estimulan la foliculogénesis (Viñoles *et al.*, 2005; Somchit *et al.*, 2007; Viñoles *et al.*, 2009). Este incremento en la tasa ovulatoria tuvo como consecuencia un mayor número de folículos ovulatorios que se traducen en una mayor prolificidad, misma que es afectada por el nivel de alimentación de las hembras, la cual se asocia generalmente al sistema de explotación.

En las hembras bien alimentadas, la prolificidad es de 2.0 y en las subalimentadas de 1.6 (Fitz-Rodríguez, 2004). La diferencia en la prolificidad

puede estar relacionada con una tasa ovulatoria inferior y/o con un incremento en la mortalidad embrionaria, provocadas por la subalimentación de las hembras explotadas en condiciones extensivas (Atti *et al.*, 2004; Martin *et al.*, 2004). El porcentaje de hembras gestantes en el grupo complementado es superior al grupo no complementado y coinciden con lo reportado por Fitz-Rodríguez *et al* (2009). El efecto negativo de la subalimentación sobre la gestación puede atenuarse con un complemento alimenticio (Rassu *et al.*, 2004). Se ha reportado que una subnutrición, provoca también una pérdida embrionaria en los primeros 30 días de gestación, probablemente por cambios en el ambiente uterino (Mani *et al.*, 1992; Abecia *et al.*, 2006). En nuestro trabajo es probable que el complemento haya mejorado este ambiente uterino.

IX. Conclusión

Las cabras manejadas en pastoreo extensivo sedentario con un complemento alimenticio durante 21 días a partir de la introducción de machos sexualmente activos incrementa las tasas ovulatoria, de gestación, fertilidad y prolificidad al parto.

X. Literatura citada

Abecia, J.A., Sosa, C., Forcada, F., Meikle, A. 2006. The effect of undernutrition on the establishment of pregnancy in the ewe. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 367-378.

Atti, N., Bocquier, F., Khaldi, G. 2004. Performance of the fat-tailed Barbarine sheep in its environment: adaptive capacity to alternation of under-feeding and re-feeding periods. A review. *Anim. Res.* 53: 165-176.

Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycle in anovulatory goats. A review. *Livest. Prod. Sci.* 17: 135-147.

De Castro, T., Rubianes, E., Menchaca, A., Rivero, 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 anoestrus female goats managed under grazing conditions and exposed to the male effect is increased by nutritional supplementation. *Anim. Reprod. Sci.* 105: 409-416.

Delgadillo, J.A. 2011. Environmental and social cues can be used in combination to develop sustainable breeding techniques for goat reproduction in the subtropic. *Animal.* 5: 1-8.

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., 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. *J. Anim. Sci.* 79: 2245-2252.

Delgadillo, J.A., De la Torre-Villegas, S., Arellano-Solis, V., Duarte, G., Malpoux, B. 2011. Refractoriness to short and long days determines the end and onset of breeding season in subtropical goats. *Theriogenology.* 76: 1146-1151.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpoux, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet. Méx.* 34: 69-79.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Hernández, H.F., 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: 391-400.

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

Delgadillo, J.A., Ungerfeld, R., Flores, J.A., Hernández, H., Fitz-Rodríguez, G. 2010. The ovulatory response of anoestrus goats exposed to the male effect in the subtropics is unrelated to their follicular diameter at male exposure. *Reprod. Dom. Anim.* 46: 687-691.

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

Fatet, A., Pellicer-Rubio, M., Leboeuf, B. 2011. Reproductive cycle of goats. A review. *Anim. Reprod. Sci.* 124: 211-219.

Fitz-Rodríguez, G. 2004. Estimulación de la actividad reproductiva en cabras Criollas mantenidas en condiciones extensivas usando el efecto macho. M.C. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.

Fitz-Rodríguez, G., De Santiago-Miramontes, M.A., Scaramuzzi, R.J., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2009. Nutritional supplementation improves ovulation and pregnancy rates in female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. *Anim. Reprod. Sci.* 116: 85-94.

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

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

Johnson, L., Fabre-Nys, C., Chanvallon, A., Francois, D., Fassier, T., Menassol, J.B., Brown, H.M., Lardic, L., Scaramuzzi, R.J. 2011. The effect of short-term nutritional supplementation and body condition on the pituitary and ovarian responses of anoestrous ewes to the "ram effect". *J. Vet. Sci. Technol.* 2: 2-10.

Khaldi, G. 1984. Variations saisonnières de l'activité ovarienne, du comportement d'oestrus et de la durée de l'anoestrus post-partum des femelles ovines de race Barbarine: influences du niveau alimentaire et de la présence du mâle. Thèse de Doctorat. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. France.

Malpaux, B. 2006. Seasonal regulation of reproduction in mammals. En: Neill, J.D. (ed.) 'Physiology of reproduction'. Tercera ed. New York: Elsevier. 2: 2231-2282.

Mani, A.U., McKelvey, W.A.C., Watson, E.D. 1992. The effects of low level of feeding on response to synchronization of estrus, ovulation rate and embryo loss in goats. *Theriogenology*. 38: 1013-1022.

Martin, G.B. and Kadokawa, H. 2006. "Clean, green and ethical" animal production. Case study: Reproductive efficiency in small ruminants. *J. Reprod. Dev.* 52: 145-152.

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

Mellado, M., Cantú, L., Suárez, J.E. 1996. Effects of body condition, length of breeding period, buck: Doe ratio, and month of breeding on kidding rates in goats under extensive conditions in arid zones of Mexico. *Small Rumin. Res.* 23: 29-35.

Mellado, M. and Hernández, J.R. 1996. Ability of androgenized goat wethers and does to induce estrus goats under extensive conditions during anestrus and breeding seasons. *Small Rumin. Res.* 23: 37-42.

Mellado, M., Vera, A., Loera, H. 1994. Reproductive performance of crossbred goats in good or poor body condition expose to bucks before breeding. *Small Rumin. Res.* 14: 45-48.

Molle, G., Branca, A., Ligios, S., Sitzia, M., Casu, S., Landau, S., Zoref, Z. 1995. Effect of grazing background and flushing supplementation on reproductive performance in Sarda ewes. *Small Rumin. Res.* 17: 245-254.

Molle, G., Landau, S., Branca, A., Sitzia, M., Fois, N., Ligios, S., Casu, S. 1997. Flushing with soybean meal can improve reproductive performances in lactating Sarda ewes on a mature pasture. *Small Rumin. Res.* 24: 157-165.

Nottle, M.B., Kleeman, D.O., Grosser, T.I., Seamark, R.F. 1992. Effect of the ram-effect and short-term lupin feeding to increase ovulation rate in Merinos. *Prac. Aust. Soc. Anim. Prod.* 19: 200.

Nottle, M.B., Kleemann, D.O., Seamark, R.F. 1997. Effect of previous undernutrition on the ovulation rate of Merino ewes supplemented with lupin grain. *Anim. Reprod. Sci.* 49: 29-36.

Pellicer-Rubio, M.A., Leboeuf, B., Bernelas, D., Forgerit, Y., Pougard, J.L., Bonné, J.L., Senty, E., Breton, S., Brun, F., Chemineau, P. 2008. High fertility using artificial insemination during deep anoestrus after induction and synchronisation of ovulatory activity by the "male effect" in lactating goats subjected to treatment with artificial long days and progestagens. *Anim. Reprod. Sci.* 109: 172-188.

Rassu, S.P.G., Enne, G., Ligios, S. 2004. Nutrition and Reproduction. En Pulina, G., Bencini, R. (Eds). 'Dairy Sheep Nutrition'. pp. 109-128.

Reese, A.A., Handayani, S.W., Ginting, S.P., Sinulingga, W., Reese, G.R., Johnson, W.L. 1990. Effects of supplementation on lamb production of Javanese thin-tile ewes. J. Anim. Sci. 68: 1827-1840.

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

Restall, B. J., Walkden-Brown, S. W., H. Restall. 1991. Reproduction research in australian goats. Cashmere Research Seminar Proceedings. 23-24 may, Australia. pp. 49-69.

Rivas-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 male. J. Anim. Sci. 85: 1257-1263.

Rivera, G.M., Alanis, G.A., Chaves, M.A., Ferrero, S.B., Morello, H.H. 2003. Seasonality of estrus and ovulation in Creole goats of Argentina. Small Rumin. Res. 48: 109-117.

Saénez-Escárcega, P., Hoyos, L.G., Salinas, H., Martínez, M., Espinoza, J. de J., Guerrero, A. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En 'Evaluación de módulos caprinos en la Región Lagunera'. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Matamoros, Coahuila, México). pp. 24-34.

Somchit, A., Campbell, B.K., Khalid, M., Kendall, N.R., Scaramuzzi, R.J. 2007. The effect of short-term nutritional supplementation of ewes with lupin grain (*Lupinus luteus*), during the luteal phase of the oestrus cycle on the number of ovarian follicles and the concentrations of hormones and glucose in plasma and follicular fluid. Theriogenology. 68: 1037-1046.

Thiéry, J.C., Chemineau, P., Hernandez, X., Migaud, M., Malpaux, P. 2002. Neuroendocrine interactions and seasonality. Dom. Anim. Endocrinol. 23: 87-100.

Ungerfeld, R., Forsberg, M., Rubianes, E. 2004. Overview of the response of anoestrus ewes to the ram effect. Reprod. Fertil. Dev. 16: 1-12.

Viñoles, C., Forsberg, M., Martin, G.B., Cajarville, C., Repetto, J., Meikle, A. 2005. Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. Reproduction. 129: 299-309.

Viñoles, C., Meikle, A., Martin, G.B. 2009. Short-term nutritional treatments grazing legumes or feeding concentrates increase prolificacy in Corriedale ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 113: 82-92.

Walkden-Brown, S.W., Martin, G.B., Restall, B.J. 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *J. Reprod. Fertil.* 54: 243-257.

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 odor in Australian Cashmere goats. *J. Reprod. Fertil.* 102: 351-360.