

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

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**¿PUEDE UNA COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA
INTERMITENTE MEJORAR LA TASA OVULATORIA Y LA
FERTILIDAD DE LAS CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO
MACHO?**

POR:

FERNANDO VILLALPANDO LUNA

TESIS:

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2009.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**¿PUEDE UNA COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA
INTERMITENTE MEJORAR LA TASA OVULATORIA Y LA
FERTILIDAD DE LAS CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO
MACHO?**

TESIS

POR:

FERNANDO VILLALPANDO LUNA

ASESOR PRINCIPAL



DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



M.V.Z. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS.

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2009.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



TESIS

POR:

FERNANDO VILLALPANDO LUNA

ASESOR PRINCIPAL

Una firma manuscrita en tinta que parece leer "J. A. Delgadillo Sánchez". La firma está escrita sobre una línea horizontal que sirve como línea de separación.

DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

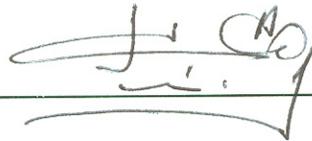
SEPTIEMBRE DE 2009.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

PRESIDENTE DE JURADO



DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

VOCAL



DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

VOCAL



DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

VOCAL SUPLENTE



DR. GERARDO DUARTE MORENO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

**¿PUEDE UNA COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA
INTERMITENTE MEJORAR LA TASA OVULATORIA Y LA
FERTILIDAD DE LAS CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO
MACHO?**

POR:

FERNANDO VILLALPANDO LUNA

Elaborado bajo la supervisión del comité particular de asesoría

ASESOR PRINCIPAL:

DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

ASESORES:

DR. JOSÉ ALFREDO FLORES CABRERA

DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

DR. GERARDO DUARTE MORENO

DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

SEPTIEMBRE DE 2009.

DEDICATORIA.

A DIOS.

Primero que todo este triunfo va dedicado a DIOS, por darme las fuerzas para seguir adelante a pesar de todas esas piedras con que trómpese, gracias a ti estoy vivo y al lado de mis seres queridos disfrutando de cada momento. GRACIAS por darme el valor para seguir adelante y cumplir mis sueños.

A MIS PADRES

GIL VILLALPANDO ALEGRE Y JUANA LUNA RIOS

Que me dieron la vida y han estado en todo momento conmigo. Gracias papá y mamá por todo su apoyo, la confianza y sus inmensas palabras de aliento y sabiduría en los momentos más difíciles de mi vida; ustedes que siempre han luchado por sacarme adelante en mis estudios y en la vida, son lo más valioso que Dios me dio.

A MIS ABUELOS

IGNACIO VILLALPANDO SANCHEZ † Y MARIA ALEGRE AGUIRRE

Ustedes que son los cimientos de esta gran familia que Dios me regaló. Gracias por el amor, cariño y su apoyo incondicional por sus sabios consejos y regaños; por compartir momentos tan lindos en mi vida que jamás olvidaré.

A MI TIO

NICOLAS VILLALPANDO SANCHEZ †

Por ser el mejor tío que pude tener. Gracias por tus sabios consejos e impulsarme desde niño a estudiar, enseñarme los valores de la vida y hacer el bien sin mirar a quien. Por tí le tome cariño a los animales, tú que me enseñaste a cuidarlos y respetarlos. A pesar de que ya no estás aquí conmigo te llevo en el alma y en el corazón; me hubiera encantado que me vieras finalizar mi carrera.

A MI HERMANO

GIL VILLALPANDO LUNA

Por su cariño y apoyo sentimental y económico que me brindó para poder lograr mi sueño de terminar mi carrera. Gracias por compartir cada día el amor de mis padres.

A MI SOBRINO

Yael Villalpando Galicia

Por traer alegrías a la vida de mi hermano, con mucho cariño para él.

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS por darme la dicha y la fortaleza de salir adelante y por darme la sabiduría en todos los momentos de mi vida y por tener la dicha de lograr una meta más.

A mi ALMA TERRA MATER por brindarme la oportunidad de ser parte de su historia como estudiante y por ser uno más de sus egresados. Gracias por haber participado en mi formación académica hasta llegar a terminar mi sueño de MVZ.

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

Al Dr. José Alfredo Flores Cabrera, por su apoyo incondicional, valiosa amistad y asesoría en la realización de esta tesis.

Al Dr. Gerardo Duarte Moreno. Por la corrección de esta tesis, por su apoyo incondicional, valiosa amistad y asesoría.

Al Dr. Jesús Vielma Sifuentes. Por sus aportaciones en la realización de esta tesis, su apoyo incondicional, valiosa amistad y asesoría

Al Dr. Horacio Hernández Hernández. Por su valioso apoyo y colaboración en la realización de esta tesis.

Al consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Coahuila por el financiamiento del estudio (COECyT: COAH-2008-C07-93426).

A mi tío, Pedro Villalpando Alegre. Por brindarme su apoyo en mi formación académica y por su cariño brindado.

A mi tía, Aida Villalpando Alegre. Por brindarme su apoyo en mi formación académica y por su cariño brindado.

A mis tíos Rosario Villalpando Alegre y Graciela Luna Ríos .Por su apoyo incondicional que me brindaron durante mi formación académica y el cariño brindado.

A mis primos Aarón, Hugo, José Antonio e Ignacio les agradezco por su amistad, cariño, apoyo y los momentos bellos que compartimos en el paso de mi vida.

Al señor Francisco Díaz Ramos Del Ejido Corea. Municipio de Matamoros Coahuila. Por facilitarnos los animales usados en este proyecto, Gracias por el apoyo.

Al señor Juan Antonio Rodríguez Ramírez Del Ejido Sacrificio. Municipio de Matamoros Coahuila. Por facilitarnos los animales usados en este proyecto, Gracias por el apoyo.

A todos mis amigos por su valiosa amistad que me brindaron durante estos 5 años de carrera (Sección "C" M.V.Z). En especial a María Elena Dávila, Cecilia Cortes, Sergio Secundino, Efraín Padilla, Miguel A. Franco, Oscar L. Limones, Patricia Muños, Alma D. Reyes y Daniel Aguilera.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	i
RESUMEN.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1. Estacionalidad reproductiva en ovinos y caprinos.....	3
2. Efecto macho.....	4
2.1. Respuesta de las hembras al efecto macho.....	4
2.1.1. Factores que afectan la respuesta al efecto macho.....	6
2.1.2. Comportamiento sexual de los machos.....	6
2.1.3. Nivel de alimentación de las hembras.....	7
2.1.4. El suplemento alimenticio y la respuesta de las hembras al efecto macho	8
2.1.5. El suplemento alimenticio y la tasa de gestación de las hembras.....	9
OBJETIVO.....	11
HIPÓTESIS.....	11
MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
1. Localización del experimento.....	12
2. Animales experimentales.....	12
2.1. Machos.....	12
2.2. Tratamiento fotoperiódico de los machos.....	13
2.3. Hembras.....	13
3 Modelo experimental.....	14

4. Variables determinadas.....	15
4.1. Actividad ovulatoria.....	15
4.2. Tasa ovulatoria.....	15
4.3. Tasa de gestación.....	16
5. Análisis de datos.....	16
RESULTADOS.....	17
1. Actividad ovulatoria.....	17
2. Tasa ovulatoria.....	17
3. Tasa de gestación.....	17
DISCUSIÓN.....	18
CONCLUSIÓN.....	21
LITERATURA CITADA.....	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Peso y condición corporal (promedio \pm eem) de las hembras que no recibieron una complementación alimenticia (Grupo No Suplementado) y de las cabras que fueron complementadas de los días 0-7 y 16-23 (Grupo Suplementado) después de la introducción de los machos sexualmente activos en los grupos de cabras.

15

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar si una complementación alimenticia de los días 0-7 y 16-23 incrementa las tasas ovulatoria y de gestación en las cabras mantenidas en condiciones extensivas y sometidas al efecto macho. Se utilizaron 4 machos cabríos locales adultos que fueron inducidos a una intensa actividad sexual al someterlos a un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz/día) del 1 de noviembre al 15 de enero. Se utilizaron además, 66 cabras adultas multíparas anovulatorias explotadas en un sistema de pastoreo sedentario. El 4 de abril de 2009, las cabras se dividieron en dos grupos homogéneos de acuerdo a su peso y condición corporal y se expusieron durante 15 días consecutivos a los machos sexualmente activos (n=2/grupo). Un grupo de cabras no recibió ninguna complementación alimenticia en el corral (n=36). El otro grupo de hembras recibió una complementación alimenticia compuesta de 0.260 kg de maíz roado, 0.110 kg de soya, y 0.900 kg de heno de alfalfa desde el primer día de contacto con los machos (día 0) hasta el día 7 post-introducción de éstos en el grupo de cabras (n=30). Posteriormente, se ofreció la misma complementación alimenticia del día 16 al 23. En ambos periodos de complementación, el maíz, la soya y el 50 % de la alfalfa se ofrecieron en la mañana. El otro 50 % de alfalfa se ofreció a las hembras por la tarde después del pastoreo. Los porcentajes de hembras que ovularon, así como la tasa ovulatoria se determinaron mediante ultrasonografía transrectal 18 días después de la introducción de los machos. Los porcentajes de hembras gestantes se determinaron a los 50 días postintroducción de los machos mediante ecografía abdominal. Las proporciones de hembras que ovularon y las

diagnosticadas gestantes se compararon mediante una prueba de X^2 . La tasa ovulatoria se comparó mediante una prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. El porcentaje de cabras que ovularon durante el tiempo de contacto con los machos fue mayor en las hembras que no recibieron una complementación alimenticia (36/36; 100%) que en aquellas complementadas (32/37; 86.4%; $P < 0.05$). La tasa ovulatoria en las hembras que no recibieron una complementación alimenticia fue inferior (1.39 ± 0.1) a la registrada en las hembras que recibieron una complementación alimenticia (1.50 ± 0.1). Sin embargo, esta diferencia no fue significativa ($P < 0.05$). El porcentaje de cabras que fueron diagnosticadas gestantes al día 50 después de la introducción de los machos fue mayor ($P < 0.05$) en las cabras que no recibieron una complementación alimenticia (25/36; 69.4%) que en aquellas hembras que fueron complementadas (13/37; 35.1%). Se concluye que en las condiciones en las que se efectuó este estudio, la complementación alimenticia intermitente no mejora la tasa ovulatoria ni la fertilidad de las cabras mantenidas en condiciones extensivas y expuestas a machos sexualmente activos.

Palabras clave: caprinos, complementación alimenticia, bioestimulación, tasa ovulatoria.

INTRODUCCIÓN

Las necesidades y actitudes alimentarias de los consumidores han ejercido un considerable impacto en la producción de alimentos. Esta nueva tendencia ha convertido a la industria caprina en un importante generador de recursos financieros para los productores (SAGARPA, 2007). Debido a ello, se ha promovido la investigación e innovación tecnológica que permitan una mayor productividad de los hatos caprinos, produciendo leche y carne en los periodos en que escasean estos productos. Efectivamente, en años recientes se han incrementado las publicaciones científicas sobre la inducción de la actividad sexual de las hembras de pequeños rumiantes que manifiestan una estacionalidad reproductiva utilizando el efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2003; Delgadillo *et al.*, 2006; Ungerfeld *et al.*, 2007; Pellicer-Rubio *et al.*, 2008; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007). Esta técnica permite inducir el estro y la ovulación de las hembras al ponerlas en contacto con los machos, evitando el uso de hormonas exógenas. Una limitante del efecto macho es que la subalimentación disminuye considerablemente la respuesta estral y ovulatoria de las hembras expuestas a los machos, así como la fertilidad y prolificidad (Mellado y Hernández, 1996). Esto sugiere que la reproducción, y por ende la producción de las cabras, depende de una interacción entre la estacionalidad de las hembras, las relaciones socio-sexuales y la nutrición. En efecto, un suplemento alimenticio de 7 días al momento de poner en contacto los machos y las hembras, mejora la tasa de ovulación de las cabras. 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-Rodriguez *et al.*, 2009). Estos estudios se realizaron en experimentos independientes y utilizaron diferentes hembras. El presente estudio se realizó para determinar si un suplemento alimenticio intermitente ofrecido a las mismas cabras, incrementa la tasa ovulatoria y la fertilidad de las cabras explotadas de manera extensiva y sometidas al efecto macho.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Estacionalidad reproductiva en ovinos y caprinos

La estacionalidad reproductiva de las especies es un fenómeno adaptativo para que los partos ocurran en el momento más óptimo del año para favorecer la sobrevivencia de las crías (Ortavant *et al.*, 1985). En las hembras de razas ovinas y caprinas originarias de zonas templadas, y en algunas originarias o adaptadas a zonas subtropicales, la estación sexual se desarrolla durante el otoño y el invierno (Karsch *et al.*, 1984; Restall, 1992; Amoah *et al.*, 1996; Rivera *et al.*, 2003; Duarte *et al.*, 2008). En las hembras de estas especies, el periodo de anestro está asociado con la ausencia de estros y ovulaciones. En cambio, la estación sexual se caracteriza por la sucesión de ciclos estrales y ováricos de 21 ± 3 días de duración en las cabras y de 16 días en las ovejas (Ortavant *et al.*, 1985; Duarte *et al.*, 2008). En los machos ovinos y caprinos de razas de origen templado, la estación sexual se desarrolla en el otoño-invierno (Lincoln y Short, 1980; Ortavant *et al.*, 1985), mientras que en los machos de latitudes subtropicales, ésta ocurre en primavera y verano (Delgadillo *et al.*, 1999). En los ovinos y caprinos de regiones templadas y en algunos de regiones subtropicales, la estacionalidad reproductiva está bajo el control de las variaciones de la duración del día o fotoperiodo, el cual sincroniza un ritmo endógeno de reproducción (Thiéry *et al.*, 2002; Malpoux, 2006). El fotoperiodo es el principal factor que controla el ritmo anual reproductivo a través de los cambios en la sensibilidad del eje hipotálamo-hipofisario a la retroalimentación negativa del estradiol y testosterona en las hembras y machos, respectivamente (Karsch *et al.*, 1987; Ortavant *et al.*, 1988;

Delgadillo *et al.*, 2004). Cuando se manipula el fotoperiodo, los días cortos estimulan la actividad sexual, y los días largos la inhiben tanto en las hembras como en los machos (Lincoln y Short, 1980; Delgadillo *et al.*, 1991; 1992; 2004). Sin embargo, las relaciones socio-sexuales y la nutrición pueden modificar el ritmo anual de reproducción de los machos y hembras mantenidos bajo las variaciones naturales del fotoperiodo (Martin *et al.*, 2004; Forcada y Abecia, 2006).

2. Efecto macho

El efecto macho es un fenómeno de bioestimulación en el que el macho puede estimular y sincronizar el estro y la ovulación de las hembras anéstricas. Este fenómeno se describió por primera vez en Francia (Prudhomme, 1732). La respuesta hormonal (secreción de LH) en las cabras es inmediata al contacto con el macho mientras que las respuestas conductuales (estro) y ovárica (ovulación) se producen en los primeros 5 días de contacto entre hembras y machos (Chimeneau, 1987; Delgadillo *et al.*, 2004; Vielma *et al.*, 2009).

2.1 Respuesta de las hembras caprinas al efecto macho

La secreción de la LH es pulsátil (Legan y Karsch, 1979; Bartlewski *et al.*, 1998). En las hembras anéstricas, la frecuencia de pulsos de LH es baja, debido a que la retroalimentación negativa del estradiol disminuye la secreción de la LH. Sin embargo, pocos minutos después del contacto con machos se produce un incremento en la frecuencia y amplitud de los pulsos de LH (Martin *et al.*, 1986; Chemineau, 1987). Vielma *et al.* (2009) demostraron que en las cabras

localizadas en el norte subtropical de México que fueron expuestas a machos sexualmente activos, el número promedio de pulsos de LH pasó de 0.9 pulsos 4 horas antes del contacto con los machos a 2.5 pulsos en las 4 horas posteriores al inicio del contacto. Si el estímulo de los machos persiste, se induce el crecimiento folicular que incrementa los niveles de estradiol, desencadenando la conducta estral (Pearce y Oldham, 1988; Signoret *et al.*, 1982). El incremento en los niveles de estradiol provoca una retroalimentación positiva y en consecuencia un pico preovulatorio de LH a las 53 horas en las cabras (Chemineau, 1987) y de 24 a 30 horas en las ovejas (Oldham *et al.*, 1979; Martin *et al.*, 1986) después de haber sido expuestas a los machos. Estos eventos culminan con la ovulación 67 y 41 horas después del primer contacto con los machos en cabras y ovejas, respectivamente (Oldham *et al.*, 1979; Chemineau, 1983), resultando la primera ovulación en un lapso de 3-5 días después del contacto entre hembras y machos (Martin *et al.*, 1986; Chemineau, 1987; Delgadillo *et al.*, 2006).

En las cabras, un número variable de hembras presenta estro en la primera ovulación inducida por el macho entre el segundo y el quinto día de contacto. El porcentaje de hembras gestantes después de este estro es muy bajo debido a la deficiente calidad celular del cuerpo lúteo recién formado (Chemineau *et al.*, 2006). En consecuencia, los niveles de progesterona de origen lúteo secretados son insuficientes para impedir que en un periodo de 5 a 7 días después, la pulsatilidad de la LH vuelva a incrementarse resultando que en más del 90% de las hembras se presente un segundo estro acompañado de ovulación que, en esta ocasión, de origen a un cuerpo lúteo de calidad y duración normales (Flores *et al.*,

2000; Delgadillo *et al.*, 2004, 2006; Chemineau *et al.*, 2006). En la segunda ovulación, el porcentaje de hembras que pueden quedar gestantes, es mucho mayor que en la primera ovulación inducida por el macho (Flores *et al.*, 2000).

2.1.1 Factores que afectan la respuesta al efecto macho

La respuesta de las hembras expuestas a los machos puede variar debido a la intensidad del comportamiento sexual de los machos y la nutrición en ambos sexos (Mellado *et al.*, 1994; Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2006).

2.1.2 Comportamiento sexual de los machos

La libido es descrita como el conjunto de conductas sexuales mostradas por los machos, es decir, la disposición y habilidad de éste para cortejar y montar a la hembra (Chenoweth, 1981). El comportamiento sexual está representado por el automarraje, los olfateos ano-genitales, el flehmen, las aproximaciones, los intentos de monta y las montas con penetración (Price *et al.*, 1986; Fabre-Nys, 2000). En ovinos se demostró que la intensidad de la conducta sexual desplegada por los machos hacia las hembras, mejora la respuesta estral y ovulatoria de éstas (Perkins y Fitzgerald, 1994). Estudios realizados con machos cabríos inducidos a una intensa actividad sexual durante el periodo de reposo, al someterlos a 2.5 meses de días largos, demuestran que estos machos estimulan la actividad sexual de un mayor número de hembras anéstricas que los machos no tratados (Flores *et al.*, 2000; Delgadillo *et al.*, 2002; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Recientemente Vielma *et al.* (2009) demostraron que la libido de los machos es indispensable para estimular la ovulación de las cabras expuestas a los machos. En efecto, el

intenso comportamiento sexual de los machos permite estimular y mantener la secreción de la LH, la cual permite, probablemente, que la mayoría de las hembras ovulen al estar en contacto con los machos. Estos resultados demuestran que la intensidad de la conducta sexual desplegada por el macho es un factor importante en la efectividad del efecto macho.

2.1.3 Nivel de alimentación de las hembras

La nutrición es otro factor que influye la respuesta sexual de las hembras expuestas a los machos. La proporción de hembras que despliegan una conducta estral y ovulatoria en respuesta a los machos es más alta en hembras bien alimentadas que 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). La subalimentación también afecta la tasa ovulatoria de las hembras expuestas al efecto macho. Al respecto, Lassoued *et al.* (2004) reportaron que las ovejas D'Man con un mejor nivel de alimentación antes del contacto con los machos, presentan una mayor tasa de ovulación (2.3) que las sometidas a un menor nivel alimenticio (1.8).

2.1.4 El suplemento alimenticio y la respuesta de las hembras al efecto macho

En la actualidad existen varias estrategias de alimentación que permiten mejorar el rendimiento de la respuesta sexual de las hembras expuestas a los machos. El aporte de un suplemento alto en energía y proteína por un periodo corto mejora la respuesta sexual y reproductiva de las hembras expuestas al efecto macho (McWilliam *et al.*, 2004; De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Por ejemplo, el porcentaje de cabras en estro durante los primeros 5 días de contacto con los machos fue superior en las hembras que recibieron un suplemento alimenticio durante 7 días, iniciando el día del efecto macho, que en las hembras no suplementadas. Asimismo, la tasa ovulatoria fue mayor en las cabras suplementadas que en las control (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). En ovejas, un suplemento alimenticio 14 días antes o iniciando 12 días después del efecto macho incrementa también la tasa ovulatoria (Molle *et al.*, 1995; Nottle *et al.*, 1997; Scaramuzzi *et al.*, 2006). De igual manera, el suplemento alimenticio en ovejas mantenidas con forrajes de pobre calidad durante unas semanas que preceden al contacto con los machos y durante la monta, incrementa la frecuencia de partos gemelares (Coop, 1966; Dunn y Moos, 1992; Lassoued *et al.*, 2004).

2.1.5 El suplemento alimenticio y la tasa de gestación de las hembras

El estado nutricional de las hembras influye la sobrevivencia embrionaria (Robinson, 1986, 1990; Robinson *et al.*, 2002). De manera general, las hembras con bajo peso corporal tienen una mayor incidencia de mortalidad embrionaria que aquellas que tienen un alto peso corporal (Dunn y Moos, 1992). Esta diferencia se debe, probablemente, porque la subnutrición disminuye la calidad del ovocito (O'Callaghan *et al.*, 2000) causando la pérdida embrionaria en los primeros 30 días de gestación (Mani *et al.*, 1992; Abecia *et al.*, 2006; Martin y Kadokawa 2006; Robinson *et al.*, 2006; Blache *et al.*, 2007). Sin embargo, en hembras subalimentadas expuestas o no al efecto macho, un suplemento alimenticio incrementa la tasa de gestación (Kleemann y Cutten, 1978; Rhind *et al.*, 1989; Rassu *et al.*, 2004). En cabras, una suplementación alimenticia de 14 días iniciando el día 9 después del primer contacto entre machos y hembras, incrementa la tasa de gestación (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). En ovejas se han reportado resultados similares. Las ovejas de raza Karayaka bien alimentadas presentan mejores tasas de desarrollo embrionario que las hembras subalimentadas (Ocak *et al.*, 2006). Asimismo, 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). Estos datos sugieren que la duración del suplemento alimenticio y el momento en que éste se otorga, tienen una influencia

directa sobre el rendimiento reproductivo de las hembras (Resse *et al.*, 1990; Molle *et al.*, 1995, 1997; Nottle *et al.*, 1997; El-Hag *et al.*, 1998).

Como se mencionó anteriormente, una complementación alimenticia a las cabras subalimentadas expuestas al efecto macho, mejora las tasas de ovulación y gestación (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Estos resultados se obtuvieron en experimentos independientes que utilizaron hembras diferentes. El presente trabajo se realizó para determinar si una complementación alimenticia intermitente ofrecida a las mismas cabras incrementa la tasa de ovulación y la fertilidad de las hembras mantenidas en condiciones extensivas expuestas a machos sexualmente activos.

OBJETIVOS

Determinar si una complementación alimenticia de los días 0-7 (día 0: contacto machos y hembras) y 16-23 después de la introducción de los machos en los grupos de cabras, incrementa las tasas ovulatoria y de gestación en las cabras mantenidas en condiciones extensivas.

HIPÓTESIS

La complementación alimenticia de los días 0-7 y 16-23 después de la introducción de los machos de los grupos de hembras, incrementa las tasas ovulatoria y de gestación en las cabras mantenidas en condiciones extensivas.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Localización del experimento

El presente estudio se realizó del 1 de noviembre de 2008 al 25 de mayo de 2009 en las instalaciones del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, y en el Ejido el Sacrificio, Municipio de Matamoros, Coahuila. Ambas localidades se encuentran ubicadas en la Comarca Lagunera de Coahuila, la cual está situada a una latitud 26° Norte y a una altitud que varía de 1100 a 1400 metros sobre el nivel del mar. Las variaciones naturales del fotoperiodo 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

Para realizar el presente estudio se utilizaron 4 machos cabríos adultos locales de la Comarca Lagunera. Estos machos fueron alojados en un corral al aire libre de 5 x 6 m y se alimentaron durante todo el estudio con heno de alfalfa a libre acceso y 300 g de concentrado comercial (14 % de PC, 2.5 Mcal/kg) por día y por animal. El agua y las sales minerales también se proporcionaron a libre acceso.

2.2. Tratamiento fotoperiódico de los machos

Los machos se sometieron a un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz/día). Para ello, en el corral se instalaron 6 lámparas fluorescentes que proporcionaron una intensidad luminosa entre 250-350 lux a nivel de los ojos de los machos. Los días largos fueron proporcionados combinando luz artificial y luz natural. El mecanismo de encendido y apagado de las lámparas se realizó mediante un reloj automático y programable (Interamic, Timerold, USA). El encendido de las lámparas fue fijo y ocurrió diariamente a la 06:00 h y el apagado fue a las 09:00 h. Por la tarde, el encendido de las lámparas se realizó a las 17:00 h y el apagado fue a las 22:00 h.

2.3 Hembras experimentales

Se utilizaron 66 cabras adultas múltiparas, las cuales eran explotadas en un sistema de pastoreo extensivo. La ciclicidad fue determinada mediante una ecografía transrectal realizada 10 días antes de la introducción de los machos. Para ello se utilizó un aparato Aloka SSD 550 (Tokio, Japón) equipado con un transductor lineal de 7.5 MHz. El criterio para determinar si una hembra estaba cíclica, fue la presencia de al menos un cuerpo lúteo (de Castro *et al.*, 1999). Sin embargo, en ninguna de las hembras se registró cuerpo lúteo.

3. Modelo experimental

El 4 de abril de 2009 las cabras se dividieron en dos grupos homogéneos de acuerdo a su peso y condición corporal (Tabla 1) y se expusieron durante 15 días consecutivos a los machos sexualmente activos ($n=2/\text{grupo}$). Todas las hembras permanecieron en condiciones extensivas y pastaban conjuntamente de 09:00 a 18:00 h diariamente. En la tarde, al regresar del pastoreo, las cabras eran alojadas en corrales abiertos en donde eran expuestas a los machos hasta el día siguiente. Un grupo de cabras no recibió ninguna complementación alimenticia en el corral ($n=36$). El otro grupo de hembras recibió una complementación alimenticia compuesta de 0.260 kg de maíz roado, 0.110 kg de soya, y 0.900 kg de heno de alfalfa desde el primer día de contacto con los machos (día 0) hasta el día 7 post-introducción de éstos en el grupo de cabras ($n=30$). Posteriormente, se ofreció la misma complementación del día 16 al 23. En ambos periodos de complementación, el maíz, la soya y el 50 % de la alfalfa se ofrecieron en la mañana. El otro 50 % de alfalfa se ofreció a las hembras por la tarde después del pastoreo.

Tabla 1. Peso y condición corporal (promedio \pm eem) de las hembras que no recibieron una complementación alimenticia (Grupo No Suplementado) y de las cabras que fueron complementadas de los días 0-7 y 16-23 (Grupo Suplementado) después de la introducción de los machos sexualmente activos en los grupos de cabras.

Grupo	N	Condición corporal (Escala 1-4)	Peso corporal (kg)
No Suplementado	36	1.7 \pm 0.1	38.6 \pm 0.9
Suplementado	30	1.8 \pm 0.1	38.4 \pm 0.9

4. Variables determinadas

4.1 Actividad ovulatoria

La actividad ovulatoria se determinó mediante ultrasonografía transrectal, utilizando para ello un aparato 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. Para ello, se realizó una ecografía 18 días después de la introducción de los machos.

4.2 Tasa ovulatoria

La tasa ovulatoria se determinó mediante el número de cuerpos lúteos registrados en ambos ovarios al momento de realizarse las ecografías. Para ello, se realizó una ecografía 18 días después de la introducción de los machos.

4.3 Tasa de gestación

En ambos grupos se determinó el número de hembras gestantes a los 50 días postintroducción de los machos. Para ello, se realizó una ecografía utilizando un transductor abdominal de 3.5 MHZ.

5. Análisis de datos

Las proporciones (% de hembras que ovularon y % de hembras gestantes) se compararon mediante una prueba de X^2 . La tasa ovulatoria se comparó mediante una prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.

RESULTADOS

1. Actividad ovulatoria

El porcentaje de cabras que ovularon durante los 15 días de contacto con los machos fue mayor en las hembras que no recibieron una complementación alimenticia (36/36; 100%) que en aquellas a las cuales se les ofreció una complementación alimenticia después de la introducción de los machos (26/30; 86.4%; $P < 0.05$).

2. Tasa ovulatoria

La tasa ovulatoria en las hembras que no recibieron una complementación alimenticia fue inferior (1.39 ± 0.1) a la registrada en las hembras que recibieron una complementación alimenticia (1.50 ± 0.1). Sin embargo, esta diferencia no fue significativa ($P < 0.05$).

3. Tasa de gestación

El porcentaje de cabras que fueron diagnosticadas gestantes al día 50 después de la introducción de los machos, fue mayor ($P < 0.05$) en las cabras que no recibieron una complementación alimenticia (25/36; 69.4%) que en aquellas hembras que fueron complementadas después de la introducción de los machos (11/30; 35.1%).

DISCUSIÓN

En las condiciones en las que se realizó el presente estudio, los resultados obtenidos permiten rechazar la hipótesis planteada. En efecto, la complementación alimenticia intermitente no mejoró la tasa de ovulación ni la fertilidad de las hembras expuestas a los machos sexualmente activos. Estos datos difieren de los reportados recientemente, los cuales demuestran que una complementación alimenticia continua incrementando la tasa ovulatoria y la fertilidad de las hembras (Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Asimismo difieren de los resultados descritos en las cabras que recibieron una complementación alimenticia 7 días antes del contacto entre machos y hembras, los cuales demostraron un incremento de la tasa ovulatoria en las cabras complementadas (De Santiago Miramontes *et al.*, 2008). Los resultados del presente estudio sugieren que la complementación alimenticia intermitente no mejora las tasas de ovulación ni gestación en las cabras expuestas al efecto macho.

La respuesta ovárica y reproductiva de las hembras no suplementadas fue superior al de las complementadas. En efecto, el porcentaje total de hembras que ovularon en los 15 días que duró el estudio y el porcentaje de hembras gestantes fueron superiores en las cabras no complementadas que en las complementadas. Sin embargo, la tasa ovulatoria no difirió entre los grupos complementado y no complementado. El porcentaje de hembras que ovularon en los 15 días de estudio en las hembras complementadas está dentro de lo reportado previamente por otros autores en animales de la misma raza (Delgadillo *et al.*, 2002). Sin embargo, la tasa de gestación observada en el presente estudio es inferior a la reportada por

otros autores (Flores et al., 2000; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009). Estos resultados pueden explicarse por al menos 3 factores. Primero: es probable que la complementación intermitente no sea adecuada para incrementar la tasa de gestación en las hembras expuestas a los machos. En efecto, en el grupo complementado, la tasa de gestación fue muy inferior respecto al porcentaje de hembras que ovularon. Esto sugiere que la interrupción del complemento alimenticio no favoreció la sobrevivencia del embrión, disminuyendo la fertilidad de las hembras 50 días post-contacto con los machos. La interrupción de la complementación alimenticia pudo modificar el ambiente uterino incrementando la muerte embrionaria (Abecia *et al.*, 2006). Segundo: las cabras de los dos grupos pastoreaban en terrenos diferentes. Es probable que la alimentación de las hembras no complementadas haya sido mejor que el de las complementadas durante el pastoreo, permitiendo una mejor respuesta de las hembras de este grupo expuestas a los machos. En efecto, no se pudo evitar que las hembras no complementadas tuvieran acceso a especies forrajeras como avena y alfalfa. Una mejor alimentación incrementa la respuesta ovulatoria y reproductiva de las hembras expuestas a los machos (Ocak *et al.*, 2006). Esta diferencia en la alimentación previa y durante el estudio, pudo influir en la respuesta de las hembras expuestas a los machos sexualmente activos. El riesgo de utilizar los animales de los productores, es que en ocasiones, como en el presente estudio, no se pueden controlar algunas variables, dando resultados contrarios a los esperados. Tercero: Las cabras de los dos grupos pertenecían a hatos diferentes. Esta situación pudo influir dramáticamente en la respuesta observada en el presente estudio. En efecto, a pesar de que la condición corporal de las hembras

de los grupos utilizados no era diferente, el estado nutricional previo al estudio, así como los aspectos productivos, sanitarios y la edad de los animales no fueron controlados y éstos pudieron influir en los resultados obtenidos, debido a un “efecto hato”. En Francia, la fertilidad de las hembras inseminadas es en promedio de 65 %. Sin embargo, este porcentaje varía enormemente entre hatos, sin saber las causas de esta variación. Por ello se habla solamente de un “efecto hato” para indicar las diferencias observadas (Corteel *et al.*, 1988). Para poder determinar la eficiencia de la complementación alimenticia intermitente, sería necesario hacer el estudio con hembras del mismo hato.

CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio demuestran que la complementación alimenticia intermitente no mejora la tasa de ovulación ni la fertilidad de las cabras expuestas al efecto macho.

LITERATURA CITADA

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

Amoah, E.A., Gelaye, S., Guthrie, P., Rexroad, Jr.C.E., 1996. Breeding season aspects of reproduction of female goats. *J Anim Sci* 74, 723-728.

Bartlewski, P.M., Beard, A.P., Cook, S.J., Rawlings, N.C., 1998. Ovarian follicular dynamics during anoestrus in ewes. *J Reprod Fertil* 113, 275-285.

Blache, D., Chagas, L.M., Martin, G.B., 2007. Nutritional inputs into the reproductive neuroendocrine control system - a multidimensional perspective. *J Reprod Fertil Suppl* 64, 123-39.

Chemineau, P., Pellicer-Rubio, M.T., Lassoued, N., Khaldi, G., Monniaux, D., 2006. Male-induced short oestrous and ovarian cycles in sheep and goats: a working hypothesis. *Reprod Nutr Dev* 46, 417-429.

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

Chenoweth, P., 1981. Libido and mating behavior in bulls, boars and rams. A review. *Theriogenology* 16, 155-177.

Chenoweth, P.J., 1983. Sexual Behavior of the bull. A review. *J Dairy Sci* 66, 173-179.

Corteel, J.M., Leboeuf, B. and Baril, G., 1988. Artificial breeding of adult goats and kids induced with hormones to ovulate outside the breeding season. *Small Rumin Res* 1, 19-35.

Coop, I.E., 1966. Effect of flushing on reproductive performance of ewes. *J Agric Sci Camb* 67, 305-323.

De Castro, T., Rubianes, E., Menchaca, A., Rivero, A. 1999. Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the interovulatory interval in goats. *Theriogenology* 36, 755-770.

De Santiago-Miramontes, M.A., Rivas-Muñoz, R., Muñoz-Gutiérrez, M., Malpaux, 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. *Anim Reprod Sci* 105, 409-416

Delgadillo, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F.G., Carrillo, E., Flores, J.A., Vielma, J., Hernandez, 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., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpaux, B., 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet Mex* 34, 9-79.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Hernandez, H., Fernandez, I.G., 2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *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., Leboeuf, B., Chemineau, P., 1992. Abolition of seasonal variations in semen quality and maintenance of sperm fertilizing ability by photoperiodic cycles in goat bucks. *Small Rumin Res* 9, 47-59.

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 Mexico. *Theriogenology* 52, 727-737.

Delgadillo, J.A., Leboeuf, B., Chemineau, P., 1991. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology* 36, 755-770.

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.

Dunn, T.G., Moos, G.E., 1992. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J Anim Sci* 70, 1580-1593.

El-Hag, F.M., Fadlalla, B., Elmadih, M.A., 1998. Effect of strategic supplementary feeding on ewe productivity under range conditions in North Kordofan, Sudan. *Small Rumin Res* 30, 67-71.

Fabre-Nys, C., 2000. Le comportement sexuel des caprins: contrôle hormonal et facteurs sociaux. *INRA Prod Anim* 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 female goats managed under natural grazing conditions and exposed to the male effect. *Anim Reprod Sci* Aceptado para publicación.

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

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

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

Karsch, F.J., Bittman, E.L., Foster, D.L., Goodman, R.L., Legan, S.J., Robinson, J.E., 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Prog Horm Res* 40, 185-232.

Kirsch, F.J., 1987. Central actions of ovarian steroids in the feedback regulation of pulsatile secretion of luteinizing hormone *Ann. Rev Physiol* 49, 365-382.

Kleemann, D.O., Cutten, I.N., 1978. The effect of frequency of feeding a lupin grain supplement at mating on the reproductive performance of maiden and mature Merino ewes. *Aust J Exp Agric Anim Husb* 18, 643-647.

Khaldi, G., 1984. Variation saisonnières de l'activité ovarienne, du comportement d'oestrus et la durée de l'anoestrus post-partum des femelles ovines de race Barbarine: influences du niveau alimentaire et la présence du mâle. Thèse de Doctorat. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier, France. 120 p.

Kusina, N.T., Chinuwo, T., Hamudikuwanda, H., Ndlovu, L.R., Muzanenhamo, S., 2001. Effect of different dietary energy level intakes on efficiency of estrus synchronization and fertility in Mashona goat does. *Small Rumin Res* 39, 283-288.

Lassoued, N., Rekik, M., Mahouachi, M., Ben Hamouda, M., 2004. The effect of nutrition prior to and during mating on ovulation rate, reproductive wastage, and lambing rate in three sheep breeds. *Small Rumin Res* 52, 117-125.

Legan, S.J., Karsch, F.J., 1979. Neuroendocrine regulation of the estrous cycle and seasonal breeding in the ewe. *Biol Reprod* 20, 74-85.

Lincoln, G., Short, V., 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Recent Prog Horm Res* 36, 1-52.

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

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., 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., Oldham, C.M., Cognié, Y., Pearce, D.T., 1986. The physiological response of anovulatory ewes to the introduction of rams. A review. *Livest Prod Sci* 15, 219-247.

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

McWilliam, E.L., Barry, T.N., Lopez-Villalobos, N., Cameron, P.N., Kemp, P.D., 2004. The effect of different levels of poplar (*Populus*) supplementation on the reproductive performance of ewes grazing low quality drought pasture during mating. *Anim Feed Sci Technol* 115, 1-18.

Mellado, M., Hernández, J.R., 1996. Ability of androgenized goat wethers and does to induce estrus in 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 exposed 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., S, L., 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., Kleemann, D.O., Grosser, T.I., Seamark, R.F., 1997. Evaluation of a nutritional strategy to increase ovulation rate in Merino ewes mated in late spring-early summer. *Anim Reprod Sci* 47, 255-261.

O'Callaghan, D., Yaakub, H., Hyttel, P., Spicer, L.J., Boland, M.P., 2000. Effect of nutrition and superovulation on oocyte morphology, follicular fluid composition and systemic hormone concentrations in ewes. *J Reprod Fertil* 118, 303-313.

Ocak, N., Cam, M.A., Kuran, M., 2006. The influence of pre- and postmating protein supplementation on reproductive performance in ewes maintained on rangeland. *Small Rumin Res* 64, 16-21.

Oldham, C.M., Martin, G.B., Knight, T.W., 1978/1979. Stimulation of seasonally anovular Merino ewes by rams. I. Time from introduction of the rams to the preovulatory LH surge and ovulation. *Amin Reprod Sci* 1, 283-290.

Ortavant, R., Pelletier, J., Ravault, J.P., Thimonier, J., Volland-Nail, P., 1985. Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm mammals. *Oxf Rev Reprod Biol* 7, 305-45.

Ortavant, R., Boquier, F., Pelletier, J., Revault J.P., Thimonier, J., Volland-Nail, P., 1988. Seasonality of reproduction in sheep and its control by photoperiod. *Aust J Biol Sci* 41, 69-85.

Pearce, G.P., Oldham, C.M., 1988. Importance of non-olfactory ram stimuli in mediating ram-induced ovulation in the ewe. *J. Reprod Fertil* 84, 333-339.

Pellicer-Rubio, M.T., 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.

Perkins, A., Fitzgerald, J.A., 1994. The behavioral component of the ram effect: the influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory ewes. *J Anim Sci* 72, 51- 55.

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

Prudhomme, C., 1732. De la propagation de l'espèce des Bêtes à laine: La nouvelle maison rustique ou économie générale de tous les biens de champagne: La manière de les entretenir & de les multiplier; Donnée cidevant au public par le sieur Liger, Quatrième édition, augmentée considérablement, & mise en meilleur ordre; avec la vertu des simples, l'apothicairerie & les décisions du Droit-Francois sur les Matières Rurales. Tome premier. A Paris. 341-345.

Rassu, S., Enne, G., Ligios, S., Molle, G., 2004. Nutrition and reproduction. In: *Dairy Sheep Nutrition*, Ed. Pulina, G. CAB International, Wallingford, UK, 109-128.

Reese, A.A., Handayani, S.W., Ginting, S.P., Sinulingga, W., Reese, G.R., Johnson, W.L., 1990. Effects of energy supplementation on lamb production of Javanese Thin-tail 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.

Rhind, S.M., McKelvey, W.A.C., McMillen, S., Gunn, R.G., Elston, D.A., 1989. Effect of restricted food intake, before and/or after mating, on the reproductive performance of Greyface ewes. *Anim Prod* 48, 149-155.

Rivas-Muñoz, R., Fitz-Rodríguez, G., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *J 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.

Robinson, J.J., 1986. Nutrition and embryo loss in farm animals. In: *Embryonic mortality in farm animals*. (Ed). Marinus Nijoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 235-248

Robinson, J.J., 1990. Nutrition in the reproduction of farm animals. *Nutr Res Rev* 3, 253-276.

Robinson, J.J., Ashworth, C.J., Rooke, J.A., Mitchell, L.M., McEvoy, T.G., 2006. Nutritional and fertility in ruminant livestock. *Anim Feed Sci Technol* 126, 259-276.

Robinson, J.J., Rooke, J.A., McEvoy, T.G., 2002. Nutrition for conception and pregnancy. In: *Sheep Nutrition* Eds. Freer, M., Dove H. CAB International, Wallingford, UK 189-211.

SAGARPA, 2007. Situación actual de la Actividad Agropecuaria. Región Laguna Coahuila. p 7

Scaramuzzi, R.J., Campbell, B.K., Downing, J.A., Kendall, N.R., Khalid, M., Muñoz-Gutiérrez, M., Somchit, A., 2006. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod Nutr Dev* 46, 339-354.

Signoret, J.P., Fulkerson, W.J., Lindsay, D.R., 1982/1983. Effectiveness of testosterone-treated wethers and ewes as teasers. *Appl Anim Ethol* 9, 37-45.

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

Ungerfeld, R., 2007. Socio-sexual signalling and gonadal function: Opportunities for reproductive management in domestic ruminants. In: *Reproduction in Domestic*

Ruminants, Ed. Juengel, J.L., Murray, J.F., Smith, M.F., Nottingham University, 207-221.

Vielma, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A., 2009. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrus female goats. *Horm Behav* aceptado para publicación.

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 Suppl* 54, 243-257.

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. *Anim Reprod Sci* 23, 293-303.