

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**UN COMPLEMENTO ALIMENTICIO INCREMENTA EL NIVEL DE
GLUCOSA EN SANGRE Y LA TASA OVULATORIA EN CABRAS
EXPUESTAS AL EFECTO MACHO**

POR:

SAÚL GARCÍA CARBAJAL

TESIS:

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

UN COMPLEMENTO ALIMENTICIO INCREMENTA EL NIVEL DE GLUCOSA
EN SANGRE Y LA TASA OVULATORIA EN CABRAS EXPUESTAS
AL EFECTO MACHO

POR

SAÚL GARCÍA CARBAJAL

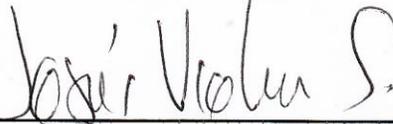
TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

PRESIDENTE:



Dr. JESUS VIELMA SIFUENTES

VOCAL:



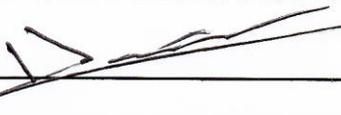
Dr. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

VOCAL:



DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

VOCAL SUPLENTE:



Dr. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ



MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2015

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

UN COMPLEMENTO ALIMENTICIO INCREMENTA EL NIVEL DE GLUCOSA
EN SANGRE Y LA TASA OVULATORIA EN CABRAS EXPUESTAS
AL EFECTO MACHO

POR
SAÚL GARCÍA CARBAJAL

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

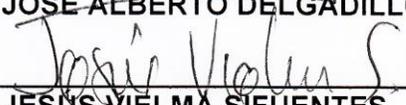
ASESOR PRINCIPAL:


DR. GONZALO FITZ RODRÍGUEZ

ASESOR:


DR. JOSÉ ALBERTO DELGADILLO SÁNCHEZ

ASESOR:


DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

ASESOR:


DR. HORACIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ


MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2015

DEDICATORIAS

A mis padres Arturo García Méndez y María Félix Carbajal Duran quienes sembraron valores y me enseñaron el camino correcto para ser un hombre de bien; sus consejos y experiencias me guiaron para culminar mi formación profesional. Gracias Mamá por estar siempre a mi lado con tu apoyo y cariño incondicional de mi mejor amiga. Gracias por darme la mejor herencia.

Hoy, mañana y siempre estaré agradecido con ustedes.

A mis hermanos Eugenio y Alexis por estar siempre a mi lado

A toda mi familia que ha estado a mi lado brindándome su apoyo incondicional y moral con sus consejos para culminar una etapa importante de mi vida.

A todos los que me ayudaron a dar mis primeros pasos y así emprender este vuelo que aún no termina, solo es una etapa de la vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme dado la oportunidad de recibir una formación profesional como Médico Veterinario Zootecnista.

A mis maestros que durante mi formación me guiaron. Gracias por haber compartido sus conocimientos y experiencias.

A mi asesor y amigo el Doctor Gonzalo Fitz Rodríguez le agradezco infinitamente todo su apoyo incondicional, y tiempo que siempre me brindó en el proceso y redacción de este trabajo de tesis.

Con afecto al Dr. Jesús Vielma Sifuentes, por compartir experiencias del ámbito académico.

Al Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez por su invaluable colaboración la realización del presente trabajo

Al Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) y su equipo de trabajo por su apoyo para realizar este trabajo de tesis y compartir sus conocimientos.

A mis amigos y compañeros que fui conociendo durante mi formación profesional, gracias por brindarme su amistad y apoyo.

I. Resumen

El objetivo de la presente tesis fue investigar si un complemento alimenticio ofrecido a las hembras caprinas expuestas al efecto macho, incrementa las concentraciones de glucosa en sangre, y si este incremento de la glucosa se asocia a una elevada tasa ovulatoria y de gestación durante el anestro estacional. Un grupo de cabras de cabras ($n=25$), se alimentó sólo de la vegetación disponible en las áreas de pastoreo (grupo no-complementado). Otro grupo de cabras El ($n=25$), además de alimentarse en las áreas del pastoreo, cada hembra recibió de manera individual una ración diaria de maíz rolado (260 g), pasta de soya (110 g) y heno de alfalfa (900 g) durante 21 días (grupo complementado). Las concentraciones de glucosa en sangre se determinaron en 12 cabras de cada grupo utilizando un glucómetro. La determinación se realizó antes del complemento alimenticio y 4 horas después de proporcionar este complemento. La tasa ovulatoria se determinó por ultrasonografía transrectal el día 18 del experimento. La gestación se determinó por ultrasonografía a los 45 días después del primer contacto hembras-machos. Las concentraciones de glucosa se analizaron mediante una prueba de t de student, las proporciones de hembras que ovularon y la gestación se compararon con una prueba de Chi cuadrada y la tasa ovulatoria se comparó con la prueba de U de Mann-Whitney y MANOVA. Las concentraciones de glucosa en sangre antes del complemento alimenticio, no difirieron entre los dos grupos ($P>0.5$). En contraste, las concentraciones de

glucosa en sangre 4 horas después del complemento alimenticio fueron superiores en las hembras complementadas (79, 77, 68 mg/dL) en los días 8, 9 y 10 respectivamente después de la introducción de los machos, que en las hembras no-complementadas (66, 62, 58 respectivamente; $P < 0.01$). La tasa ovulatoria fue más alta en el grupo complementado (2.1 ± 0.1) que en el grupo no-complementado (1.4 ± 0.1 , $P < 0.05$). El porcentaje de hembras gestantes no fue diferente entre el grupo complementado (100%; 25/25) y el no complementado (84%; 21/25; $P = 0.110$). Se concluye que un complemento alimenticio ofrecido a las cabras durante el efecto macho incrementan las concentraciones de glucosa sanguínea, las cuales se asocian a un incremento en la tasa ovulatoria, sin modificar la tasa de gestación.

Palabras clave: Cabras, complemento alimenticio, nutrición, reproducción, efecto macho

Índice

I. Resumen.....	iii
II. Introducción.....	1
III. Revisión de literatura.....	3
3.1. Estacionalidad reproductiva en ovinos y caprinos.....	3
3.2. Efecto macho, técnica de bioestimulación sexual.....	5
3.4 Factores que pueden afectar la respuesta estral y ovulatoria de las hembras en anestro expuestas al efecto macho.....	7
3.4.2. Alimentación y Reproducción	8
3.4.3. Alimentación y tasa ovulatoria	11
IV. Objetivos.....	14
V. Hipótesis	14
VI. Materiales y métodos.....	15
1. Localización del experimento.....	15
2. Animales	15
2.1 Machos	15
2.2 Hembras.....	16
2.3 Alimentación.....	16
3. Variables determinadas.....	17
3.1. Determinación de la concentración de glucosa en sangre.....	17
3.2 Actividad ovulatoria.....	17

3.3 Tasa ovulatoria	18
3.4. Tasa de gestación (45 días)	18
4. Análisis de estadísticos	19
VII. Resultados.....	20
5. Concentración de glucosa en sangre.....	20
5. Actividad ovulatoria	22
6. Tasa ovulatoria.....	22
8. Tasa de gestación.....	23
VIII. Discusión.....	24
IX. Conclusión	26
X. Literatura citada	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variaciones anuales del fotoperíodo, período de lluvias, disponibilidad de alimento, gestaciones de las cabras manejadas en un sistema de pastoreo extensivo sedentario en la comarca lagunera _____9

Figura 2.- Disponibilidad de la vegetación natural en las regiones subtropicales en el hemisferio sur y norte. Las variaciones son similares en los hemisferios sur y norte _____10

Figura 3.- Concentraciones de glucosa sanguínea antes de ofrecer el complemento alimenticio (grupo complementado [■]; grupo no-complementado [□]). El día 0 se introdujeron los machos en los dos grupos de hembras. Los machos se sometieron a 16 horas luz/día desde el 1 de noviembre al 15 de enero para estimular su actividad sexual durante el periodo de reposo. _____ 20

Figura 4.- Concentraciones de glucosa sanguínea 4 horas después de ofrecer el complemento alimenticio (grupo complementado [■]; grupo no-complementado [□]). El día 0 se introdujeron los machos en los dos grupos de hembras. Los machos se sometieron a 16 horas luz/día desde el 1 de noviembre al 15 de enero para estimular su actividad sexual durante el periodo de reposo (*P<0.05). __ 21

Figura 5.- Tasa ovulatoria (promedio ± EEM) registrada el día 18 después de la introducción de los machos sexualmente activos. Los machos se sometieron a 16 horas luz/día desde el 1 de noviembre al 15 de enero. _____ 22

II. Introducción

La ganadería caprina en las regiones subtropicales de México constituye una fuente de ingresos para las familias dedicadas a esta actividad. La Comarca Lagunera es una de las principales regiones productoras de leche de cabra y cabrito del país. En esta región, la disponibilidad de productos y subproductos de esta actividad varía en el año como consecuencia de la estacionalidad reproductiva de los machos y hembras caprinas (Duarte *et al.*, 2008). El ganado caprino de la comarca lagunera presenta una marcada estacionalidad reproductiva. Esto es, las cabras sin contacto con machos presentan el inicio de su actividad sexual en septiembre y finaliza en febrero (días cortos) y una actividad de anestro o inactividad sexual en los meses de marzo a agosto (Delgadillo *et al.*, 2003; Duarte *et al.*, 2008). Sin embargo, la producción de cabritos y leche de cabra puede modificarse si los partos ocurren antes de la estación natural. Se han utilizado técnicas alternativas de inducción de la actividad sexual de las hembras y los machos durante periodos de anestro o reposo sexual. El efecto macho se destaca entre las técnicas de bioestimulación sexual en los caprinos y consiste en estimular la reproducción de las hembras al introducir un macho en un grupo de hembras anovulatorias (Ungerfeld *et al.*, 2004; Pellicer-Rubio *et al.*, 2008). Esta técnica es simple de realizar, al permitir el contacto entre machos sexualmente activos y hembras en reposo sexual, se estimula el estro y la ovulación (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2006; Bedos *et al.*, 2014). En las latitudes subtropicales (norte o sur) la mayoría de los caprinos son

manejados en condiciones extensivas, esto conlleva a que a través del año los caprinos están sujetos a variaciones importantes en la disponibilidad alimenticia por lo tanto es común que estén subalimentados en algunos meses del año (enero-mayo) lo que disminuye su rendimiento reproductivo (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991; Martin, 2014). En estos sistemas de explotación de manera general no ofrecen ningún tipo de complemento alimenticio. En los pequeños rumiantes algunas veces se ha incorporado el uso de un complemento alimenticio o “flushing” antes del empadre. El objetivo del presente trabajo fue determinar si un complemento alimenticio incrementa los niveles de glucosa en sangre, y si este incremento de la glucosa se asocia con tasas mayores de ovulación y gestación en cabras expuestas al efecto macho.

III. Revisión de literatura.

3.1. Estacionalidad reproductiva en ovinos y caprinos.

La estacionalidad reproductiva es una característica de algunos mamíferos (Bronson, 1985). Las cabras originarias de latitudes templadas o adaptadas a regiones subtropicales presentan un período de reproducción natural, también llamado estación sexual caracterizada por la sucesión de ciclos estrales y ováricos de 21 ± 3 días de duración. Esta estación sexual es seguida de un período de reposo sexual o anovulación conocida como anestro estacional que está asociado a la ausencia de estros de enero-febrero a agosto-septiembre (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991; Duarte *et al.*, 2008; 2010).

Los machos cabríos 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, 1992; Walkden-Brown *et al.*, 1994). En el norte de México (26° N), los machos cabríos locales también presentan variaciones estacionales del peso testicular y de la producción espermática. En estos machos, el período de actividad sexual se desarrolla de mayo a diciembre y el de reposo de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999). Este último período se caracteriza porque la secreción 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; Blache *et al.*, 2008; Fatet *et al.*, 2011).

3.2. Efecto macho, técnica de bioestimulación sexual.

El efecto macho es una técnica de bioestimulación sexual que permite inducir la actividad estral y ovulatoria de los pequeños rumiantes como la oveja y la cabra que se encuentran en anestro estacional, al ser expuestas al contacto con los machos (Delgadillo *et al.*, 2002; Ungerfeld *et al.*, 2004; Delgadillo *et al.*, 2009). El efecto macho es un fenómeno multisensorial que involucra el olfato, la vista, el tacto, y el oído. La máxima respuesta de las hembras se obtiene cuando todas las señales están presentes, es decir, cuando el macho está en contacto directo con las hembras (Delgadillo *et al.*, 2008).

3.3. Respuesta de las cabras al efecto macho

Al utilizar esta técnica se desencadena una serie de eventos fisiológicos en la hembra que estimulan la secreción de la GnRH en el hipotálamo y la LH de la glandula pituitaria anterior (Poindron *et al.*, 1980; Martin *et al.*, 1986; Chemineau, 1987; Rosa y Bryant 2002; Delgadillo *et al.*, 2009; Vielma *et al.*, 2009). Cuando se mantiene la presencia del macho se incrementa la secreción de las hormonas LH y FSH que estimulan el desarrollo de folículos ováricos que secretan estradiol, permitiendo un pico preovulatorio de LH provocando la ovulación y la presentación de estro (Ungerfeld *et al.*, 2004). La mayoría de las hembras responden al efecto macho ovulando entre los días 2 y 5 después después del primer contacto con el macho. El cuerpo lúteo que se forma de esta ovulación es

de mala calidad y secreta progesterona en bajas cantidades, lo cual no impide un incremento en la secreción de LH, y en consecuencia, las hembras manifiestan nuevamente estro y ovulación (Chemineau *et al.*, 2006). El segundo estro y ovulación se presentan entre el día 6 y 12 después del primer contacto con los machos; el cuerpo lúteo que se forma en esta segunda ovulación es de buena calidad y de duración normal (21 días; Flores *et al.*, 2000; Chemineau *et al.*, 2006).

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

Existen diferentes factores que modifican la respuesta al efecto macho, entre ellos se encuentra la libido de los machos, y la condición corporal de las hembras (Walkden-Brown *et al.*, 1999; Delgadillo *et al.*, 2003; Delgadillo *et al.*, 2006; Mellado *et al.*, 1994).

3.4.1 Intensidad de la libido del macho

La baja eficiencia en la estimulación de las hembras a través del efecto macho se debe, probablemente, a que las señales emitidas por el macho son de baja calidad debido a que se encuentran en reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 2008). Sin embargo, cuando los machos son inducidos a una intensa actividad sexual a través de tratamientos de días largos, seguidos de fotoperiodo natural, la respuesta estral y ovulatoria es mayor del 95%, mientras que en las hembras con machos no tratados (que se encuentran en reposo sexual) la respuesta es menor del 10% (Delgadillo *et al.*, 2004). Estos datos demostraron que los machos sexualmente activos son capaces de estimular la actividad sexual de las cabras en anestro estacional.

3.4.2. Alimentación y Reproducción

En las latitudes subtropicales en general, y en la comarca lagunera en el norte de México en particular, la mayoría de los caprinos son manejados en condiciones de pastoreo sedentario y sometidos a variaciones importantes en la disponibilidad alimenticia, lo que disminuye considerablemente la respuesta estral y ovulatoria de las hembras sometidas al efecto macho. En la comarca lagunera, la mayoría (90%) de los caprinos locales se mantienen en un sistema de pastoreo extensivo sedentario en donde los animales se alimentan sólo de la flora natural de los agostaderos, y en ocasiones de esquilmos agrícolas sin recibir un complemento alimenticio en el corral. La disponibilidad de la vegetación natural que consumen los caprinos disminuye drásticamente de noviembre a marzo (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991; Figura 1). En este sistema de producción, los animales salen al campo en la mañana y regresan en la tarde y durante la noche son alojados en instalaciones abiertas. Generalmente, las hembras permanecen todo el año junto con los machos, y cuando esto sucede, el 80 % de los partos ocurren de noviembre a marzo.

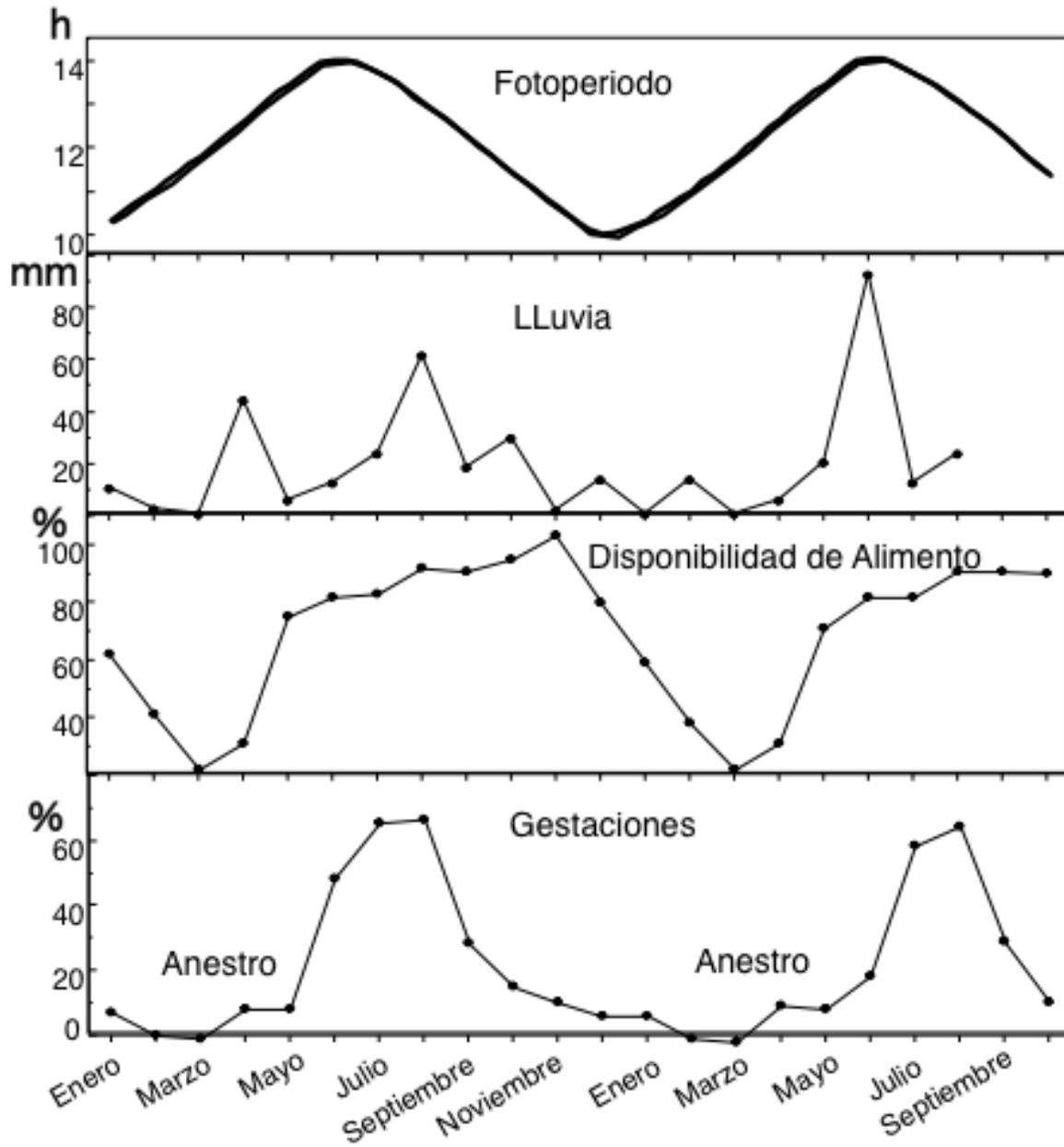


Figura 1. Variaciones anuales del fotoperiodo, período de lluvias, disponibilidad de alimento, gestaciones de las cabras manejadas en un sistema de pastoreo extensivo sedentario en la comarca lagunera (26° N, tomado de Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991; Tomado de Delgadillo, 2011).

De manera similar, en el Mediterráneo y sur de Australia se presenta un ciclo anual en la disponibilidad de la vegetación de las áreas de pastoreo (Figura 2; Tomado de Martin 1999.)

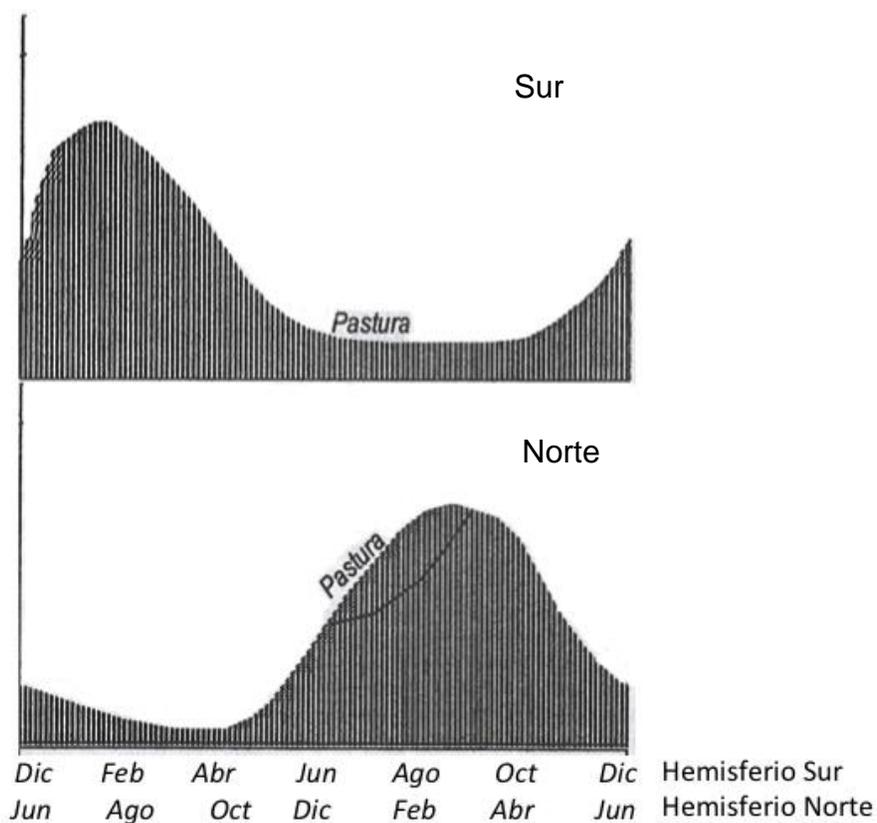


Figura 2.- Disponibilidad de la vegetación natural en las regiones subtropicales en el hemisferio sur y norte. Las variaciones son similares en los hemisferios sur y norte, con 6 meses de desfazamiento entre ellos, tomado de (Martin 1999).

3.4.3. Alimentación y tasa ovulatoria

La alimentación a la que están sujetos los animales en pastoreo juega un papel importante para obtener una buena respuesta sexual y reproductiva. El porcentaje de hembras que presentan una conducta estral y ovulatoria en respuesta a la presencia de machos es más alta en hembras bien alimentadas que las subalimentadas o subnutridas (Henniawati y Fletcher, 1986; Wright *et al.*, 1990; Kusina *et al.*, 2001). La subnutrición o subalimentación afecta la tasa ovulatoria en las hembras que son expuestas al macho. Por ejemplo en un estudio realizado en ovejas Queue fine l'Ouest (QFQ), D'Man y D'man x QFO, con un mejor nivel de alimentación después del contacto con los machos, presentan una tasa ovulatoria de (2.3), mientras que las que están subalimentadas es menor (1.8) (Lassoued *et al.*, 2004). La tasa de ovulación es mediada por la secreción de FSH y la nutrición puede modificar la secreción de FSH y entonces modificar el reclutamiento y crecimiento de los folículos (Scaramuzzi *et al.*, 1993). Sin embargo, los efectos del nivel de ingesta de los alimentos sobre la tasa ovulatoria se expresan a través de las diferencias en las últimas etapas de desarrollo de los folículos (Rhind y McNeilly, 1998).

Se ha demostrado que con una complementación alimenticia de corta duración existe un aumento en el número de folículos ovulatorios (Zabuli *et al.*, 2010). El balance energético positivo conduce a elevaciones en el plasma sanguíneo de la leptina y la insulina con un incremento en la recaptación de

glucosa por los folículos; esos cambios parecen afectar directamente al ovario y se asocia a incrementos de la foliculogénesis y la tasa ovulatoria en ovejas (Scaramuzzi *et al.*, 2006).

Cuando se ofrece un flushing, es decir, el aporte de un complemento alimenticio con un contenido alto en energía y proteína por un período corto, se mejora la respuesta sexual y reproductiva de las hembras. Existen tres efectos del complemento alimenticio sobre el peso corporal y la tasa ovulatoria. 1.- El efecto “agudo” se observa un incremento de la tasa ovulatoria en ausencia de un cambio detectable en el peso corporal. 2.- El efecto “dinámico” se observa un incremento en la tasa ovulatoria acompañado de un incremento en el peso corporal. 3.-El efecto “estático” no se produce un incremento de la tasa ovulatoria ni de peso corporal, porque las hembras tienen un alto peso corporal (Smith y Stewart 1990; Scaramuzzi *et al.*, 2006; Goodman y Inskeep, 2006; Somchit 2011). En las cabras mantenidas en pastoreo extensivo, un complemento alimenticio incrementa las tasas de ovulación y gestación en las hembras expuestas al efecto macho (De Santiago-Miramontes *et al.*, 2008; Fitz-Rodríguez *et al.*, 2009).

El incremento de la tasa de ovulación en cabras se debe, muy probablemente, al incremento de la glucosa sanguínea. En efecto, en las ovejas se demostró que infusiones de glucosa vía intravenosa, o una mezcla de aminoácidos, o una alimentación con grano de lupino, incrementa la tasa ovulatoria (Downing y Scaramuzzi, 1991; Downing *et al.*, 1995; Nottle *et al.*, 1997). Al aumentar la glucosa, las células foliculares aumentan la captación de glucosa, mejorando la foliculogénesis (Downing y Scaramuzzi 1991). El incremento de la tasa de gestación se debe, muy probablemente, a una modificación favorable del medio uterino para la sobrevivencia del embrión (Rhind *et al.*, 1989; Abecia *et al.*, 2006).

IV. Objetivos

Determinar si en las cabras el complemento alimenticio que incrementa las tasas ovulatoria y de gestación en cabras expuestas a machos sexualmente activos, se asocia con altos niveles de glucosa sanguínea.

V. Hipótesis

El complemento alimenticio incrementa la glucosa sanguínea que se asocia a una mayor la tasa de ovulación y gestación en cabras expuestas al efecto macho.

VI. Materiales y métodos.

1. Localización del experimento.

El presente trabajo se llevó a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna y en el Ejido Morelos II en el Municipio de Matamoros, Coahuila ambos sitios ubicados en la Región Lagunera, en las coordenadas 103° 13 42" longitud oeste y 25° 31" 41" latitud norte, a una altura de 1100 metros sobre el nivel del mar, región subtropical. Este trabajo se realizó en abril, período de reposo sexual natural de las hembras caprinas. Los procedimientos y actividades realizadas en este trabajo se apegaron a las especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999).

2. Animales

2.1 Machos

Para el presente trabajo se seleccionaron a 6 machos cabríos criollos y fueron alojados en un corral abierto de 6 x 6 metros. Los machos se sometieron a días largos (16 horas de luz / 8 horas de oscuridad) del 1 de noviembre y al 15 de enero, seguidos de las variaciones naturales del fotoperiodo hasta el final del estudio (Delgadillo *et al.*, 2002). Está comprobado que en caprinos, este tratamiento luminoso induce la secreción de testosterona en los meses de marzo-

abril, y como consecuencia, estimulan la intensidad del olor y del comportamiento sexual de los machos durante el período de reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 2002; Rivas-Muñoz *et al.*, 2007).

2.2 Hembras.

Se utilizaron 2 grupos de 25 cabras criollas multiparas anovulatorias. Esta anovulación fue determinada mediante un ultrasonido portátil (SSD ALOKA 500) equipado con un transductor de 7.5 MHz. La presencia de un cuerpo lúteo en uno o ambos ovarios fue el criterio para determinar si la hembras estaba cíclica (De Castro *et al.*, 1999; Simões *et al.*, 2005). En el mes de febrero se realizó el manejo zootécnico que consistió en la aplicación de desparasitante y vitaminas, descorne e identificación de los animales (aretado). En el mes de marzo se formaron los grupos experimentales.

2.3 Alimentación

Un grupo de cabras con una condición corporal de 1.8 ± 0.05 se alimentó solamente de la flora natural existente en las áreas de pastoreo (grupo no-complementado). Otro grupo de hembras con una condición corporal de 1.8 ± 0.05 , se alimentó también de la flora nativa existente en las áreas de pastoreo, y además recibió un complemento alimenticio conformado por 900 g de heno de alfalfa, 260 g de maíz rolado y 110 g de pasta de soya que se ofreció de manera individual (grupo complementado). El contacto entre hembras y machos duró 21 días. El complemento alimenticio se ofreció individualmente en dos partes (50 %

antes del pastoreo y 50% después del pastoreo) a las 08:00 horas y a las 18:00 horas.

3. Variables determinadas.

3.1. Determinación de la concentración de glucosa en sangre

Las concentraciones de glucosa en sangre se registraron en 12 cabras de cada grupo y se determinaron con la utilización de un glucómetro de la marca Accu-Chek Performa System y tiras reactivas (Roche, México). La determinación se realizó antes de ofrecer el complemento alimenticio y 4 horas después de haber ofrecido este complemento. La determinación se hizo en los días 0, 1, 2, 3 y 8, 9 y 10 días del experimento, que es cuando ocurren la primera y segunda ovulación inducida por el macho. Con una aguja hipodérmica, se punzó la vena yugular para obtener una muestra de sangre, misma que se colocó en la tira reactiva (electrodos del glucómetro). Finalmente, se procedió a registrar la lectura de la concentración de glucosa.

3.2 Actividad ovulatoria

La actividad ovulatoria se determinó mediante ultrasonido transrectal 18 días después de la introducción del macho. El criterio para determinar si una hembra había ovulado fue la presencia de al menos un cuerpo lúteo en uno o ambos ovarios.

3.3 Tasa ovulatoria

La tasa ovulatoria se determinó registrando el número de cuerpos lúteos observados en uno o ambos ovarios al momento de realizarse la ecografía.

3.4. Tasa de gestación (45 días)

En ambos grupos se determinó el número de cabras gestantes a los 45 días después de la introducción de los machos sexualmente activos. Para ello se realizó una ecografía utilizando un transductor transrectal de 7.5 MHz., determinando la preñez mediante la observación del saco gestacional (Schrich *et al.*, 1993).

4. Análisis de estadísticos

Las concentraciones de glucosa en sangre se analizaron mediante una prueba *t* de student. Las proporciones de hembras que ovularon y la gestación se compararon mediante una prueba de Chi cuadrada. La tasa ovulatoria se comparó mediante una 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.

5. Concentración de glucosa en sangre

La concentración de glucosa en sangre registrada en el grupo complementado no fue diferente del grupo no complementado ($P > 0.05$) antes del complemento alimenticio (Figura 3)..

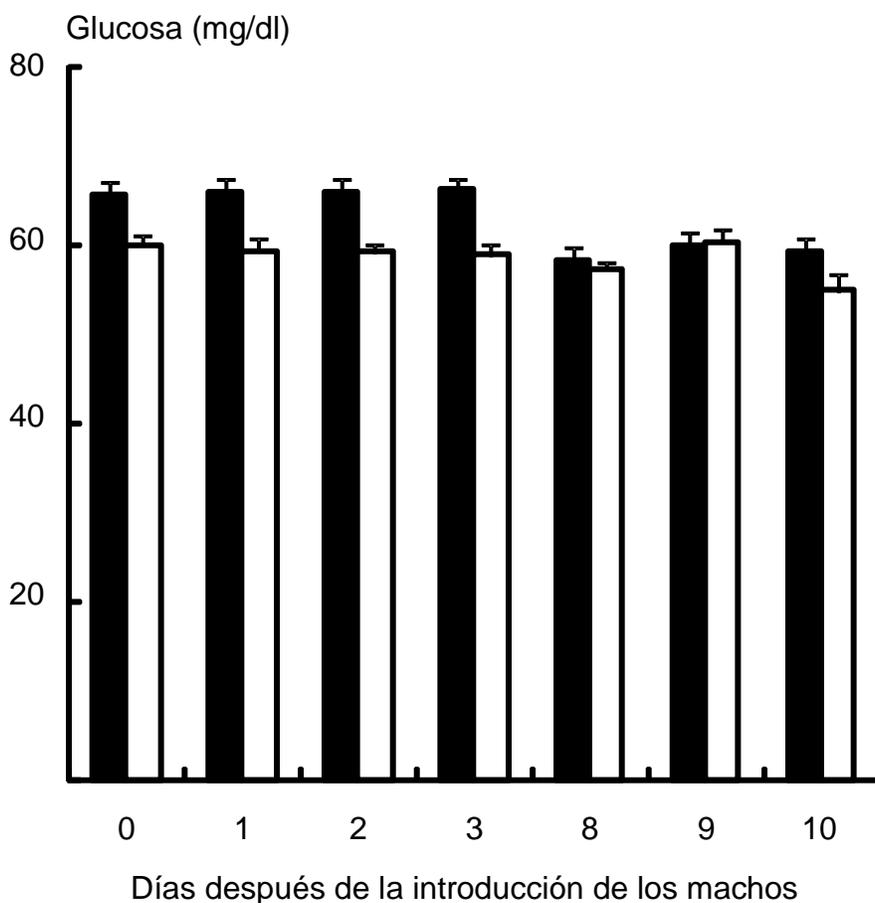


Figura 3. Concentraciones de glucosa sanguínea antes de ofrecer el complemento alimenticio (grupo complementado [■]; grupo no-complementado [□]). El día 0 se introdujeron los machos en los dos grupos de hembras. Los machos se sometieron a 16 horas luz/día desde el 1 de noviembre al 15 de enero para estimular su actividad sexual durante el periodo de reposo.

En cambio, 4 horas después de ofrecido el complemento, las concentraciones de glucosa sanguínea del grupo complementado fueron superiores a las registradas en el grupo no complementado ($P < 0.05$; Figura 4).

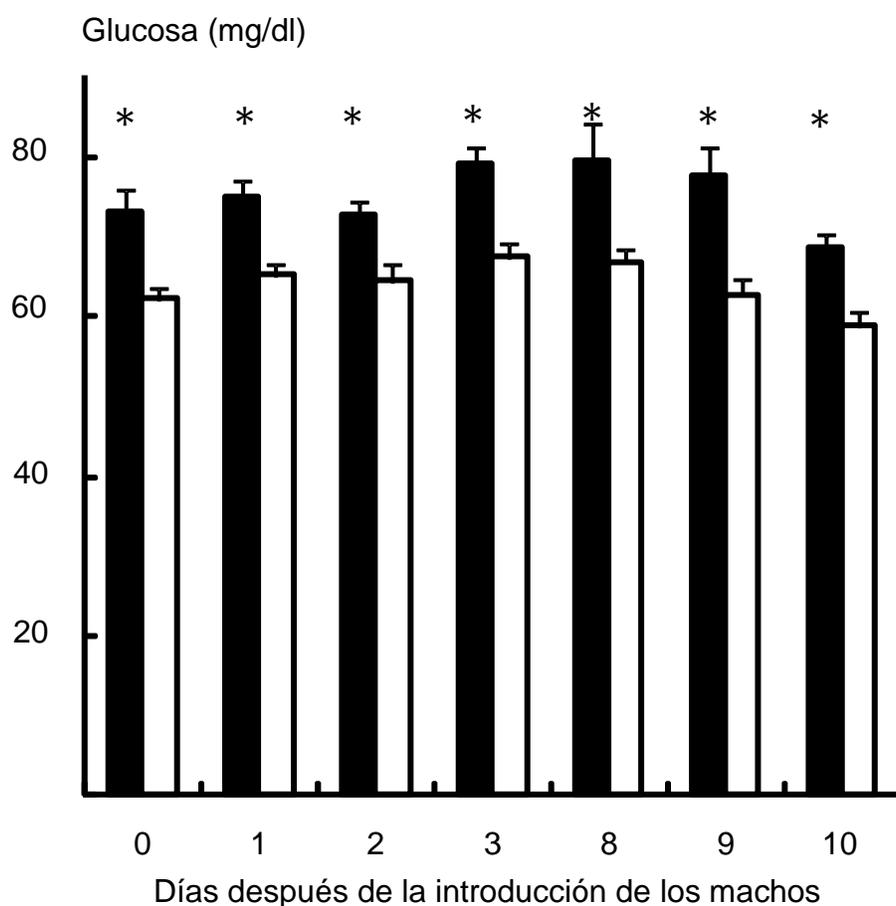


Figura 4. Concentraciones de glucosa sanguínea 4 horas después de ofrecer el complemento alimenticio (grupo complementado [■]; grupo no-complementado (□)). El día 0 se introdujeron los machos en los dos grupos de hembras. Los machos se sometieron a 16 horas luz/día desde el 1 de noviembre al 15 de enero para estimular su actividad sexual durante el periodo de reposo (* $P < 0.05$).

5. Actividad ovulatoria

El porcentaje de hembras que ovularon no fue diferente entre el grupo complementado (100%) y el grupo no-complementado (92% ; $P>0.05$).

6. Tasa ovulatoria

La tasa ovulatoria registrada en el grupo complementado fue superior al del grupo no-complementado (Figura 5; $P<0.05$).

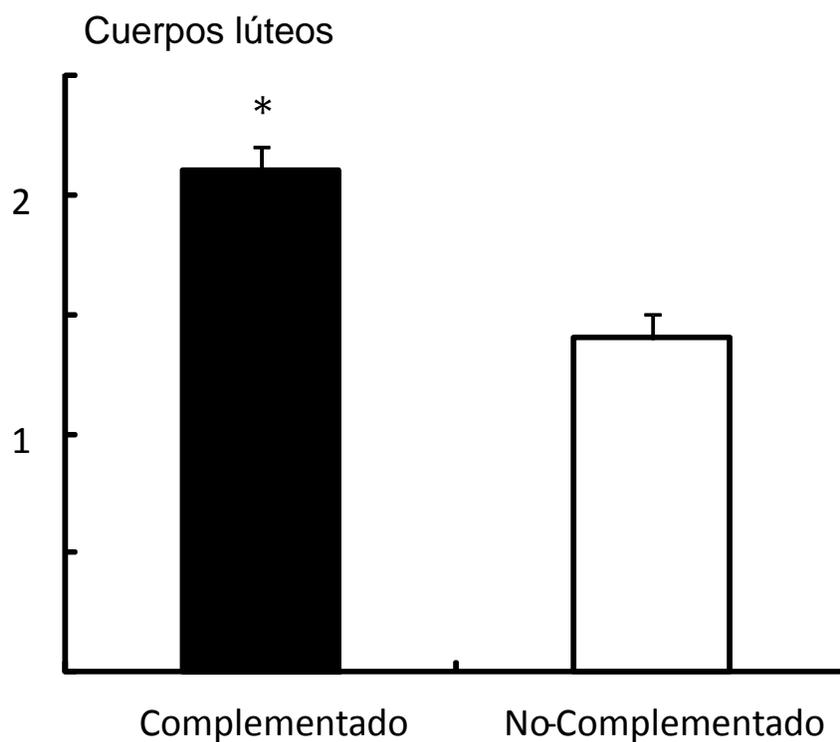


Figura 5- Tasa ovulatoria (promedio \pm EEM) registrada el día 18 después de la introducción de los machos sexualmente activos. Los machos se sometieron a 16 horas luz/día desde el 1 de noviembre al 15 de enero.

8. Tasa de gestación

El porcentaje de hembras gestantes fue del 100% (25/25) en el grupo de hembras complementadas, mientras que en el grupo de hembras no-complementadas fue del 84% (21/25; $P=0.110$).

VIII. Discusión

Los resultados del presente estudio muestran que en las cabras bioestimuladas con machos sexualmente activos mantenidas en pastoreo sedentario, un complemento alimenticio incrementa los niveles de glucosa en sangre; este incremento de glucosa sanguínea se asocia a una mayor tasa ovulatoria, sin modificar el porcentaje de hembras gestantes.

En el grupo complementado se incrementaron los niveles de glucosa en sangre 4 horas después del complemento alimenticio, mientras que en el grupo no complementado no hubo un incremento del nivel de glucosa sanguínea. Estos resultados coinciden con lo reportado en pequeños rumiantes. En efecto, Haruna *et al.* (2009) ofrecieron un complemento durante 7 días a partir de la fase lútea y obtuvieron aumento en las concentraciones de glucosa en la sangre y una mejor respuesta ovárica. Fitz-Rodríguez *et al.* (2009) demostraron que al ofrecer un complemento alimenticio a las cabras durante 7 días después de la introducción de machos sexualmente activos se mejoró la tasa ovulatoria. Así mismo, en ovejas Corriedale, Viñoles *et al.* (2009) demostraron que un complemento alimenticio rico en energía y proteína durante 7 días se obtiene una mejor respuesta en la tasa de ovulación (1.6 ± 0.6 ; $P < 0.05$) comparado con el grupo control alimentado de manera extensiva (1.3 ± 0.06). Asimismo, los resultados del presente estudio coinciden con los de Zabuli *et al.*, (2010) quienes encontraron que un complemento alimenticio de corta duración tiene un aumento de concentraciones de glucosa en sangre y una mejor respuesta en la tasa ovulatoria.

Se ha reportado que en las hembras subnutridas se incrementa la mortalidad embrionaria (Abecia et al., 2006). Rattu et al. (2004) encontraron que cuando se ofrece un complemento alimenticio durante un mes después de la concepción se incrementa la tasa de preñez. Fitz-Rodríguez et al. (2009) encontraron que un complemento alimenticio durante 14 días después de la segunda ovulación inducida por el macho mejora la tasa de gestación. En nuestro estudio combinamos dos técnicas que se utilizan para mejorar el rendimiento reproductivo: 1) el complemento alimenticio para elevar la tasa ovulatoria y 2) el efecto de la bioestimulación sexual al utilizar machos sexualmente activos durante el anestro estacional de las cabras, donde el despliegue de un intenso comportamiento sexual de los machos cabríos, es importante para obtener una buena respuesta estral y ovulatoria de las hembras en anestro estacional (Rivas-Muñoz et al., 2007; Vielma et al., 2009).

IX. Conclusión

Los resultados del presente estudio permiten concluir que un complemento alimenticio a las cabras en anestro incrementa las concentraciones de glucosa sanguínea. Este incremento está asociado a una mayor tasa ovulatoria, sin modificar la tasa de gestación en hembras expuestas a machos sexualmente activos.

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.

Bedos, M., Duarte, G., Flores, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Hernández, H., Vielma, J., Fernández, I.G., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A. 2014. Two or 24 h of daily contact with sexually active males results in different profiles of LH secretion that both lead to ovulation in anestrus goats. *Domest Anim Endocrin.* 48, 93-99.

Blache, D., Maloney, S.K., Revell, D. k., 2008. Use and limitations of alternative feed resources to sustain and improve reproductive performance in sheep and goats. *Anim Feed Sci Tech.* 147, 140-157.

Bronson, F.H. 1985. Mammalian Reproduction: An ecological perspective. *Biol Reprod.* 32, 1-26.

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

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.

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 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., 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 México using long days and melatonin. *J Anim Sci.* 79, 2245-2252.

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., Malpoux, 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., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P. A., Martin, G. B., 2009. The 'male effect' in sheep and goats—revisiting the dogmas. *Behav Brain Res.* 200, 304-314.

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., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Véliz, F.G., Carrillo, E., Flores, J.A., Vielma, J., Hernandez, H., Malpoux, B., 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reprod Fert Dev.* 16, 471-478

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 Mex.* 34, 69-79.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Hernandez, H., Fernandez, I.G., 2006. Importance of the signals provided by the buck for the success of the male effect in goats. *Reprod Nutr Dev.* 46, 391-400

Delgadillo, J.A., Vielma, J., Flores, Veliz J.A., Duarte G., Hernández H. 2008. La calidad del estímulo emitido por el macho determina la respuesta de las cabras sometidas al efecto macho. *Trop Subtrop Agro.* 9 39-45.

Downing, J.A., Joss, J.,Connell, P., Scaramuzzi, R. J., 1995. Ovulation rate and the concentrations of gonadotrophic and metabolic hormones in ewes fed lupin grain. *J Reprod Fertil.* 103, 137-145.

Downing, J.A., Scaramuzzi, R.J., 1991 nutrient effects on ovulation rate, ovarian function and the secretion of gonadotrophic and metabolic hormones in sheep. *J Reprod Fertil. Suppl* 43, 209-227.

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.

Duarte, G., Nava-Hernández, M. P., Malpaux, B., Delgadillo, J. A., 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Anim Reprod Sci.* 120, 65-70.

Fatet, A., Teresa-María, P.R., Leboeuf, B., 2011. Reproductive cycle of goats. *Anim Reprod Sci.* 124, 2011- 219.

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., De La Escalera, G. M., Chemineau, P., Poindron, P., 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.

Goodman, R.L., Inskoop, E.K., 2006. Neuroendocrine control of the ovarian cycle of the sheep In: Knobil and Neill's *Physiology of Reproduction*, Third Edition, Ed. JD Neill. Amsterdam: Elsevier 2389-2447.

Haruna, S., Kuroiwa T., Lu, W., Zabuli, J., Tanaka, T., Kamomae, H., 2009. The effects of short-term nutritional stimulus before and after the luteolysis on metabolic

status, reproductive hormones and ovarian activity in goats. *J Reprod Dev.* 55 39-44.

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

Kusina, N.T., Chinuwo, T., Hamudikuwanda, H., Ndlovu, L.R., Muzanenhamo, S., 2001. Effect of diferent 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., Hamouda, M.B., 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.

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.

Martin G.B., 2014. An Australasian perspective on the role of reproductive technologies in world food production. *Adv Exp Med Biol.* 752:181-97

Martin, G.B., Banchemo, G., 1999. Investigación Australiana en reproducción de caprinos. XIV Reunión Nacional de Caprinocultura, Colegio de Postgraduados Memorias, 222-237.

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 Fert Dev.* 16: 491-501.

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.

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.

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.

Poindron, P., Cognié, Y., Gayerie, F., Orgeur, P., Oldham, C.M., Ravault, J.P. 1980. Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams. *Physiol Behav.* 25, 227-236.

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

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

Rhind, S.M., McNeilly, A.S., 1998. Effects of level of food intake on ovarian follicle number, size and steroidogenic capacity in the ewe. *Anim Reprod Sci.* 52, 131-138.

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.

Rosa, H.J.D., Bryant, M.J., 2002. The ram effect as a way of modifying the reproductive activity in the ewe: a Review. *Small Rumin Res.* 45, 1-16.

Sáez-Escárcega, P., Hoyos, G., Salinas, G., Martínez, M., Espinoza, J., Guerrero, A., Contreras, E., 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. En: *Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias: Torreón, Coahuila, México. 24-34.

Scaramuzzi, R.J., Adams, R.N., Baird, D.T., Campbell, B.K., Downing, J.A., Findlay, J.K., Henderson, K.M., Martin, G.B., McNatty, K.P., McNeilly, A.S., Tsonis, C.G., 1993. A model for follicle selection and the determination of ovulation rate in the ewe. *Reprod Fertil Dev.* 5, 459-478.

Scaramuzzi, R.J., Bair D, T., Campbell, B.K., Driancourt, M, A., Dupont, J., Fortune, J, E., Gilchrist, R.B., Martin, G.B., McNatty, K.P., McNeilly, A.S., Monget, P., Monniaux, D., Viñoles, C., Webb, R., 2011. Regulation of folliculogenesis and the determination of ovulation rate in ruminants. *Reprod Fertil Dev.* 23, 444-467.

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.

Schrick, F.N., Surface, R.A., Pritchard, J.Y., Dailey, R.A., 1993, Townsend EC, Inskip EK. Ovarian structures during the estrous cycle and early pregnancy in ewes. *Biol Reprod.* 49, 133-1140.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2001) Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. *Diario Oficial de la Federación*, 22 de Agosto 2001.

Simões, J., Potes, J., Azevedo, J., Almeida, J.C., Fontes, P., Baril, G., Mascarenhas, R., 2005. Morphometry of ovarian structures by transrectal ultrasonography in Serrana goats. *Anim Reprod Sci.* 85, 263-273.

Smith, J.F., and Stewart R.D., 1990 Effects of nutrition on the ovulation rate of ewes. *Reproductive physiology of merino sheep.* 85-90.

Somchit-Assavacheep, A., 2011. Influence of nutritional management on folliculogenesis in ewes. *Proceeding of the 1st Symposium of the The Society for Animal Reproduction* 41, 25-29.

SYSTAT 10, 2000. Evanston, IL, USA.

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

Ungerfeld, R., Forsberg, M., Rubianes, E., 2004. Overview of the response of anestrus ewes to the ram effect. *Reprod Fertil Dev.* 16, 479-490.

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. *Horm Behav.* 56, 444-449.

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. Suppl* 54, 243-57.

Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B., 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian Cashmere goats. *J Reprod Fertil.* 102, 351-360.

Webb, R., Garnsworthy, P.C., Gong, J.G., Armstrong, D.G., 2004 Control of follicular growth: Local interactions and nutritional influences. *J Anim Sci.* 82 (E. Suppl.): E63–E74

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.

Zabuli, J., Tanaka, T., Lu, W., Kamomae, H., 2010. Intermittent nutritional stimulus by short-term treatment of high-energy diet promotes ovarian performance together with increases in blood levels of glucose and insulin in cycling goats. *Anim Reprod Sci.* 122, 288-293.