

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



La complementación con maíz a cabras mantenidas bajo pastoreo extensivo, incrementa las concentraciones de glucosa, pero no influye sobre la duración del estro inducido por el efecto macho.

Por:

HILARINO HEDREY LÓPEZ LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

La complementación con maíz a cabras mantenidas bajo pastoreo extensivo, incrementa las concentraciones de glucosa, pero no influye sobre la duración del estro inducido por el efecto macho.

Por:

HILARINO HEDREY LÓPEZ LÓPEZ

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

Dr. Horacio Hernández Hernández
Presidente

Dr. José Alfredo Flores Cabrera
Vocal

Dra. Ida Graciela Fernández García
Vocal

Ing. Alejandro Salgado Martínez
Vocal

MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

La complementación con maíz a cabras mantenidas bajo pastoreo extensivo, incrementa las concentraciones de glucosa, pero no influye sobre la duración del estro inducido por el efecto macho.

Por:

HILARINO HEDREY LÓPEZ LÓPEZ

TESIS

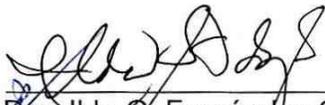
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Horacio Hernández Hernández
Asesor Principal Interno


Dr. José Alfredo Flores Cabrera
Coasesor


Dra. Ilda G. Fernández García
Coasesor


MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2019

AGRADECIMIENTOS

Primero y, antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Al Dr. Horacio Hernández Hernández, que Ha sido mi asesor y amigo, por darme la oportunidad y confianza de trabajar y compartir sus conocimientos. Al grupo de investigadores que constituyen el centro de investigación en reproducción caprina (CIRCA), **Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez, José Alfredo Flores Cabrera, Dr. Gerardo Duarte Moreno, Dr. Jesús Vielma Sifuentes, Y la Dra. Ilda Graciela Fernández García**. Por compartir experiencias de la vida profesional y sus conocimientos y consejos.

Al MC. Andrés Sánchez Hernández por invitarme a compartir experiencias y conocimiento en sus experimentos, por brindarme su amistad durante los 5 años de la carrera.

Al Ing. Alejandro Salgado Martínez por permitirme realizar la tesis en su proyecto de investigación.

Al Sr. Rosalío de Anda, por facilitar su hato de cabras para el estudio.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por acogerme durante 5 años, por darme la gran oportunidad de terminar esta gran carrera por todos los apoyos que me brindo y por ser una formadora de profesionales.

A todos los Maestros de esta gran universidad que más que maestros se convirtieron en amigos y compartieron sus conocimientos y experiencias de vida que me ayudaron y me ayudaran siempre.

A mis Amigos Jesús José, Melisa, Juan, Antonio, Cristo, Emanuel, Abraham, Jesica, Guadalupe, Arturo, Marcos, Gonzalo, compartiendo logros, tristezas y alegrías, que más que compañeros de verdad son amigos y fueron una pieza importante en mis estudios y parte de mi vida cotidiana, por sus consejos, su apoyo incondicional y sus experiencias que me ayudaron mucho para terminar esta carrera y a todas aquellas personas que de una u otra manera me ayudaron en cierta forma.

DEDICATORIA

A mi Madre Elvia López, Gracias por darme vida, por darme la mejor y más bonita de las familias, sobre todo su apoyo por todos los sacrificios hechos durante estos 5 años, por regalarme esta oportunidad de superación personal y por estar siempre que la he necesitado,

A mi abuela Dionicia Elsa Lopez que es mi madre con quien crecí y siempre estuvo a mi lado apoyándome y enseñándome a ser una persona de bien.

A mi abuelo Hilarino lopez mi padre el cual me enseñó a ser un hombre de trabajo quien desde pequeño me impulso a salir con la frente en alto y no rendirme jamás a que siempre nos decía que no tenemos que ser conformistas que nacimos para ser unos triunfadores.

A mis hermanos Melvin Lopez y Jaden Pérez por que han sido un gran pilar en mi vida un apoyo incondicional que siempre lo he tenido por todo su cariño y consejos que me han dado y que me han ayudado para llegar a este gran paso tan importante.

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue determinar si en las cabras anovulatorias mantenidas en condiciones extensivas el proporcionar una complementación con maíz incrementa las concentraciones de glucosa y la duración del celo inducido por el efecto macho. Se formó un grupo testigo (GT; n = 27) en el cual las cabras solo se alimentaron durante todo el estudio con lo que obtenían en el pastoreo, sin recibir una complementación alimenticia en el corral. En el grupo Complementado (GC; n = 27), las cabras se alimentaron similar a las cabras del GT; mas, a estas cabras se les proporcionó en promedio desde 6 días antes del efecto macho (EM) y durante 12 días 0.5 kg de maíz antes de salir al pastoreo. A los 5 días de iniciada la complementación las cabras del GC mostraron en ayuno y durante las mañanas mayores concentraciones de glucosa en sangre en comparación con las cabras del GT ($P < 0.001$). Sin embargo, la duración del primer celo inducido por el efecto macho no difirió entre el registrado en las cabras del GT y del GC ($P < 0.05$). Los resultados obtenidos en la presente tesis nos permiten concluir que, en las cabras mantenidas en pastoreo extensivo, la complementación con maíz incrementa las concentraciones de glucosa en sangre, pero no la duración del primer estro inducido por el contacto con los machos.

Palabras clave: Efecto Macho, Glucosa, Estro, Maíz, Cabra.

INDICE	
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Estacionalidad reproductiva en pequeños rumiantes	3
2.2. Regulación fotoperiódica de la actividad neuroendocrina que determina la estacionalidad reproductiva	3
2.3. Actividad sexual de las cabras localizadas en regiones templadas	4
2.4. Actividad sexual en las cabras localizadas en regiones subtropicales	4
2.5. Métodos de control de la actividad sexual en los caprinos	5
2.5.1. Método usado para la sincronización de la actividad durante la estación natural de reproducción	6
2.5.1.1. Empleo de prostaglandinas (PGF-2 α)	6
2.5.2. Métodos usados para inducir y sincronizar la actividad sexual durante el anestro estacional	7
2.5.2.1. Uso del dispositivo interno de liberación controlada (CIDR)	7
2.5.2.2. Tratamiento con esponjas vaginales, prostaglandinas y eCG	7
2.5.2.3. Utilización del efecto macho (EM)	9
2.6. Factores que influyen en la respuesta de las hembras anéstricas sometidas a efecto macho	10
2.6.1. Factores no nutricionales	10
2.6.2. Factores nutricionales asociados a las hembras	10
2.7. Efectos de una suplementación alimenticia sobre los perfiles metabólicos en las hembras	11
OBJETIVOS	13
HIPÓTESIS	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Ubicación geográfica del estudio y condiciones de pastoreo	14
3.2. Animales experimentales	15
3.2.1. Hembras	15
3.2.2. Machos	15
3.3. Diseño experimental y efecto macho	15

3.3.1. Efecto macho y determinación de la actividad estral	16
Variables evaluadas	17
3.3.2. Concentraciones de glucosa en sangre antes y durante la complementación	17
3.3.3. Determinación de la duración del primer estro inducido por macho fotoestimulados	17
3.4. Análisis de datos	18
RESULTADOS	19
3.4.1. Concentraciones de glucosa en sangre antes y durante la complementación	19
3.4.2. Duración del primer estro inducido por los machos	21
DISCUSIÓN	22
CONCLUSIÓN	25
Bibliografía	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Concentraciones promedio (\pm EEM) de glucosa en sangre de un grupo de cabras que fue mantenido solo con la vegetación obtenida durante el pastoreo y que no recibió complementación alguna (GT, □, n = 14). Otro grupo de cabras se mantuvo igual que el anterior, pero además cada una recibió en promedio 0.5 kg de maíz roado por las mañanas antes del pastoreo (GC, ■, n = 14). Los asteriscos denotan as diferencias entre los grupos ($p < 0.001$).	20
Tabla 2	. Duración promedio (\pm EEM) del primer celo inducido por los machos en un grupo de cabras que fue mantenido solo con la vegetación obtenida durante el pastoreo y que no recibió complementación alguna (GT, □, n = 27). El otro grupo de cabras se mantuvo igual que el anterior, pero además cada una recibió en promedio 0.5 kg de maíz roado por las mañanas antes del pastoreo (GC, ■, n = 27).	21

INTRODUCCIÓN

En México, los caprinos en su mayoría, son explotados en sistemas de tipo extensivo con un manejo rústico y poco apoyo tecnológico y económico (Echavarría *et al*, 2006). La población de caprinos se ubica en las áreas rurales de regiones desérticas y semidesérticas de la comarca lagunera. Las cabras son importantes productoras de leche y carne para consumo humano, y así como otros rumiantes, están particularmente bien adaptados para utilizar forrajes de calidad pobre. En México, son cinco los estados de principal importancia por la cantidad de caprinos: Oaxaca, Coahuila, San Luis Potosí, Puebla y Nuevo León que en conjunto contribuyen con el 47% del inventario nacional. Las tres cuartas partes de la población caprina se contabilizan en diez estados (Rebollar *et al*, 2012). Por otro lado, la región norte-centro aporta aproximadamente el 45% de la producción nacional de leche de cabra. La producción de leche de cabra está concentrada (75%) en dos regiones: La Comarca Lagunera (Coahuila y Durango) y el Bajío (Aguascalientes, Guanajuato, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí, Jalisco); la mayoría de la leche en esas regiones es adquirida por compañías para hacer queso y dulces (Rebollar *et al*, 2012).

En las cabras de la Comarca Lagunera, el sistema de explotación que predomina actualmente, es el sistema de producción extensivo. Actualmente se observa un incremento en crianza intensiva en establos en los cuales también se explotan los bovinos Holstein. En esta Comarca, los principales factores limitantes de la producción caprina están asociados a la carencia alimenticia en los animales

mantenidos en pastoreo en algunos meses del año y a la concentración de los partos en el invierno. La deficiencia alimenticia se agudiza entre enero y abril contribuye a bajos índices de fertilidad, altos índices de abortos y elevada mortalidad de adultos y crías (Escareño et al, 2011).

Las cabras (*Capra hircus*) y ovejas (*Ovis aries*) domésticas originarias de zonas templadas y subtropicales presentan un patrón de reproducción estacional. Inicialmente se pensaba que la alimentación podría ser el factor que regulaba dicha reproducción estacional. Sin embargo, actualmente está reconocido que el fotoperiodo es el elemento principal en la regulación de dicha actividad reproductiva (Duarte et al, 2010; Legan et al, 1979). De este modo, las hembras caprinas de la Comarca Lagunera exhiben una actividad sexual que inicia en septiembre y finaliza en febrero, por lo que el anestro o también llamado período de inactividad sexual se observa de marzo a agosto (Duarte et al, 2010).

Está completamente conocido que el efecto macho, utilizando machos sexualmente activos, induce el celo, la ovulación y la tasa de preñez en las cabras estacionalmente anovulatorias (Delgadillo y Martín, 2015). En cabras, uno de los factores más importantes que afecta negativamente la respuesta al efecto macho es la baja condición corporal al momento del empadre (Urrutia et al., 2003; Fitz-Rodríguez et al, 2009). En estas hembras, no se ha determinado si una complementación energética pueda mejorar los perfiles metabólicos y si ello pueda mejorar la respuesta sexual cuando son sometidas a efecto macho.

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estacionalidad reproductiva en pequeños rumiantes

Los pequeños rumiantes como los caprinos y ovinos presentan, como sus ancestros salvajes, un periodo de reposo sexual estacional de duración e intensidad variable entre razas. En ambos sexos la actividad sexual (espermatogénesis en el macho y actividad ovulatoria y estral en la hembra) es mínima en primavera y verano y máxima en otoño e invierno. Esta estacionalidad reproductiva resulta de una combinación de factores medioambientales, de los cuales el fotoperíodo es el principal responsable de las variaciones de la actividad sexual al sincronizar el ritmo endógeno circanual de reproducción (Thiéry et al, 2002).

2.2. Regulación fotoperiódica de la actividad neuroendocrina que determina la estacionalidad reproductiva

En caprinos y ovinos, el mecanismo implicado en el control fotoperiódico de la actividad reproductiva esta en parte comprendido. Así, la duración del día es percibida por la retina y la señal de luz es recibida en la glándula pineal. Después, la pineal sintetiza la melatonina y la secreta en la sangre en ausencia de luz y dicha secreción se detiene cuando aparece nuevamente la luz del día. El ritmo circadiano en la secreción de melatonina, el cual depende de la duración del fotoperíodo, determina la actividad del hipotálamo para producir el factor liberador de gonadotropinas (GnRH). Dicho factor a su vez, controla la secreción de la hormona luteinizante (LH) y así, la actividad reproductiva (Chemineau et al, 1991). En ovejas y cabras, la aplicación de melatonina exógena es de utilidad para simular los días cortos y estimular la reproducción en primavera.

Existe evidencia de que el neuropéptido kisspeptina regula la reproducción estacional (Clarke et al, 2009). Al inicio de la estación reproductiva, existe una regulación a la alta (*upregulation*) en la expresión de la kisspeptina en núcleo arcuato. Algunos trabajos en roedores estacionales proporcionan evidencia de que

los cambios en los niveles de kisspeptina por el fotoperiodo se deben a alteraciones en el patrón de secreción de melatonina debido a cambios en el fotoperiodo (Simoneaus et al, 2009). En ovejas, la melatonina actúa dentro del núcleo premamilar del hipotálamo mediobasal para afectar los cambios en la reproducción estacional (Malpaux et al, 2002).

2.3. Actividad sexual de las cabras localizadas en regiones templadas

En las zonas de latitudes templadas, las razas de cabras permanecen anéstricas y anovulatorias durante los días largos de la primavera y el verano. Éstas comienzan a mostrar actividad sexual al mismo tiempo en que disminuye el fotoperiodo durante el otoño (Hafez, 1993). Registros colectados durante 35 años por la Sociedad Británica de Caprinocultura indican que, en el hemisferio norte, la estación de reproducción en las cabras inicia en agosto y se extiende hasta el mes de marzo. Asimismo, dichos registros señalan que en estas cabras existe un pico de apareamientos que se presenta durante octubre y noviembre (Asdell, 1926). Lo anterior coincide con lo reportado en las cabras Alpinas y Saanen en Francia, en las cuales el período natural de reproducción se desarrolla de septiembre a febrero, es decir en otoño e invierno (Chemineau et al., 1992). En la región norte de la provincia de Neuquén en la Patagonia Argentina (41° S), las hembras caprinas Criollas presentaron una actividad reproductiva estacional. Esto es, las hembras mostraron un período de ovulaciones totales (con o sin estros) que se extendió desde fines de marzo a principios de septiembre (Cueto et al, 2003).

2.4. Actividad sexual en las cabras localizadas en regiones subtropicales

En las cabras de la Comarca Lagunera, región subtropical de México, las hembras muestran actividad sexual (ovulaciones) del mes de septiembre al mes de febrero (Duarte et al., 2008). En esta región, el período de reposo sexual en los machos y el período de anestro en las hembras coincide con la estación seca. Por ello se postuló que los cambios en la disponibilidad de alimento eran los responsables de dicha estacionalidad reproductiva (Sáenz-Escárcega et al, 1991).

Sin embargo, esta estacionalidad reproductiva también se observó en los animales mantenidos en condiciones extensivas, en donde recibieron una adecuada nutrición (Delgadillo et al., 1999; Duarte et al, 2008). También en las cabras Cashmere localizadas en regiones subtropicales de Australia (29° S), se ha observado que ellas presentan variaciones estacionales en su actividad sexual. En efecto, Restall (1992) encontró que en esas cabras la época de actividad sexual se presentó de febrero a agosto (otoño-invierno), mientras que el período de inactividad sexual se presentó de septiembre a enero (primavera-verano). En Argentina (30° S), las cabras nativas Criollas muestran su actividad reproductiva de marzo a septiembre y el período de anestro estacional ocurre de octubre a febrero (Rivera et al, 2003). Estos antecedentes, describen claramente que las cabras localizadas en regiones subtropicales presentan marcadas variaciones estacionales en su actividad reproductiva. Por ello, en estos animales debería de estudiarse los métodos para inducir y sincronizar la actividad sexual fuera del período natural de reproducción.

2.5. Métodos de control de la actividad sexual en los caprinos

Existen diversas razones para manipular la actividad sexual en los caprinos. Primero, la sincronización del estro puede servir para controlar el tiempo de reproducción y la ocurrencia de los partos para un mejor manejo del rebaño y facilitar en gran medida la utilización de los programas de inseminación artificial. De igual modo, el control de la reproducción permite inducir la actividad sexual en animales con reproducción estacional, lo cual disminuiría el intervalo de tiempo requerido para producir nuevas generaciones de individuos dentro del hato. Finalmente, la sincronización del celo es necesaria para la preparación de cabras donadoras y receptoras en los programas de transferencia de embriones.

2.5.1. Método usado para la sincronización de la actividad durante la estación natural de reproducción

2.5.1.1. Empleo de prostaglandinas (PGF-2 α)

La administración de PGF-2 α o sus análogos (cloprostenol) pueden ser utilizados durante la estación natural de reproducción para la sincronización del estro. La administración de PGF-2 α causa la regresión del cuerpo lúteo y el cese de la producción de P4. Se ha demostrado que esto es efectivo del día 4 al 17 del ciclo estral de la cabra (Ott, 1980, 1896). Así, durante el período natural de reproducción de las cabras es posible sincronizar el estro mediante la administración de una inyección intramuscular de 1.25 a 2.5 mg de PGF-2 α (Bretzlaff et al, 1981, 1983) o bien con 125 μ g de cloprostenol (Nutti et al, 1992), con el cual las cabras inician el celo a ~50 h después de su administración. Cuando los animales no responden a la primera inyección (es decir no muestran signos de estro dentro de los primeros 2-3 días después de la aplicación) o cuando no se conoce el momento del ciclo estral, se debe aplicar una segunda inyección a los 10-12 días después. Con estas 2 inyecciones, al menos todas aquellas cabras cíclicas deberían responder. Ott et al. (1980) sincronizaron cabras Criollas usando 2 inyecciones de 8 mg de PGF-2 α aplicadas intramuscularmente con un intervalo de 11 días entre las 2 aplicaciones y ellos observaron que el 70% de las hembras mostraron celo a ~54 h después de la primera inyección y un 94% de ellas estuvieron en celo a ~53 h después de la segunda inyección. En otro estudio, El-Amrawi et al. (1993), trataron cabras Saanen con el mismo protocolo usado por Ott et al. (1980), y reportaron que todas las hembras entraron en celo dentro de las primeras 48 h después de la primera inyección y el 80% de ellas estuvieron gestantes después de las cubriciones. En un estudio realizado con cabras enanas africanas, Akusu et al. (1986) reportaron que la mayoría de las cabras estuvieron en celo a ~42 y 59 h después de la segunda inyección de 5 y 10 mg de un análogo de PGF-2 α , respectivamente. Ellos observaron que existió un intervalo de 20 a 48 h entre el inicio del celo y la presentación de la ovulación.

2.5.2. Métodos usados para inducir y sincronizar la actividad sexual durante el anestro estacional

2.5.2.1. Uso del dispositivo interno de liberación controlada (CIDR)

El CIDR es un tubo de silicón intravaginal que contiene progesterona (P4) (Rathbone et al, 1998). Este producto ha sido investigado ampliamente para su uso potencial en ovejas y cabras y se han obtenido resultados satisfactorios. Por ejemplo, en las cabras de la raza Cashmere, Ritar et al. (1990) compararon el CIDR y las esponjas tradicionales que contienen acetato de fluorogestona (FGA; ver siguiente apartado), para su uso en esquemas de inseminación artificial. En esos ensayos, las cabras fueron tratadas intravaginalmente con esos productos durante 15 a 20 días con el fin de evitar los ciclos cortos que son característicos en las cabras sometidas al EM (efecto macho). Además, al final del tratamiento a todas las cabras se les aplicó 200 UI de eCG (gonadotropina coriónica equina) y fueron expuestas a machos castrados tratados con testosterona (efecto macho). En estos estudios, no existieron diferencias en el número de cabras que respondieron al tratamiento con CIDR y con FGA. Sin embargo, el tiempo a la inseminación se adelantó por 10h en el grupo CIDR, ya que estas cabras ovularon 10 h antes que las tratadas con FGA. En esos experimentos, la fecundidad (número de fetos/número de cabras gestantes) fue mayor en las cabras tratadas con el CIDR cuando la inseminación se realizó a las 39 h (1.27) que cuando se realizó a las 45 h (1.20) después del término del tratamiento.

2.5.2.2. Tratamiento con esponjas vaginales, prostaglandinas y eCG

El tratamiento con esponjas vaginales es el método más antiguo que se usa para el control de la reproducción en los caprinos. Inicialmente este método consistía en colocar una esponja vaginal impregnada con 45 mg de acetato de fluorogestona (FGA), la cual permanecía en la vagina durante 21 días. Además, al momento del retiro de las esponjas, se aplicaba intramuscularmente una dosis de

400 UI de eCG. Con este método se sincronizaba el estro en un 95% de las cabras lecheras tratadas, el 93% de ellas entraron en celo dentro de las primeras 24 h, iniciándose a las 12 h después del retiro de las esponjas. Con este tratamiento se obtenía una fertilidad de 56%, usando semen congelado (Corteel, 1975). Estudios durante el anestro estacional realizados por Corteel et al. (1968) condujeron a cambiar el tiempo de la inyección de la eCG. Así, la eCG fue inyectada 48 h antes de que la esponja fuera retirada. Con ello, el estro fue inducido en aproximadamente un 100% de las cabras tratadas y en un 84% de ellas, el estro se presentó en un período de 24 h, iniciándose 12 h después del retiro de la esponja. Posteriormente, se realizaron varias investigaciones y se encontró que con una permanencia de sólo 11 días de las esponjas se obtuvieron buenos resultados en cuanto a fertilidad. Así, Corteel et al. (1988) demostraron en cabras Alpinas y Saanen que utilizando semen congelado se obtuvo una mayor fertilidad cuando las esponjas (FGA) permanecieron durante 11 días (61.1%) que cuando las esponjas permanecieron por 21 días (56.7%). Por ello, actualmente este último tratamiento es el más usado para el control del celo y la ovulación en las cabras. El tratamiento de 11 días durante la estación de anestro consiste en lo siguiente: las esponjas impregnadas con 45 mg de FGA son insertadas en la vagina de las cabras durante 11 ± 1.0 días. Cuarenta y ocho horas antes del retiro se aplica una inyección intramuscular con una dosis de eCG, que dependerá de la producción de leche. Además, en este mismo tiempo se le aplica también una dosis de 50 µg de cloprostenol. Debido a que la dosis de eCG fue inicialmente calculada para cabras lecheras Alpinas y Saanen, debe de adaptarse según la raza que se utilice con el fin de evitar una elevada tasa de ovulación. En las cabras Cashmere australianas y en las cabras locales de doble propósito en México, la dosis varía de 200 a 400 UI (Delgadillo, 2005).

2.5.2.3. Utilización del efecto macho (EM)

La introducción de un macho sexualmente activo en un grupo de hembras en anestro, puede inducir la actividad reproductiva en las hembras dentro de algunas horas después de ponerlos en contacto. Este fenómeno es llamado efecto macho (Walkden-Brown et al, 1999; Rosa y Bryant, 2002; Delgadillo et al, 2009). Durante la estación de anestro en las hembras anovulatorias, la secreción de GnRH y LH es menor, debido principalmente a la retroalimentación negativa que ejerce el estradiol en el hipotálamo e hipófisis anterior (Martin et al., 1986). Después de la introducción de los machos, la secreción de LH se incrementa (Rosa y Bryant, 2002). Este aumento provoca un incremento en el número y diámetro de los folículos ováricos (Ungerfeld et al, 2004). A su vez, el desarrollo folicular incrementa la secreción de estradiol, el cual provoca la aparición de un pico preovulatorio de la LH de las 24 a las 30 h después del primer contacto con el macho y la ovulación ocurre de 24 a 36 h más tarde (Martin, 2002). En las hembras que responden al EM, el primer estro ocurre del día 1 al día 9 después de iniciado el contacto, pero esta conducta se presenta más frecuente 2 días después del contacto (Chemineau, 1983). Después de 7 días de contacto, el 97% de las cabras ovula. En las cabras Criollas del norte de México, la ovulación inducida está asociada con un 60% de estros y es seguida en un 75% de un ciclo ovulatorio de corta duración que, en promedio, dura de 5 a 7 días. Después de este ciclo corto se produce otra ovulación que se acompaña con el 90% de conducta de celo y de una fase lútea de duración normal (Chemineau, 1983, Flores et al., 2000, Delgadillo et al., 2003). Sin embargo, utilizando machos sexualmente activos, es decir, que muestren una intensa conducta sexual (olor, aproximaciones, vocalizaciones) la respuesta en las cabras mejora notablemente, ya que todas las hembras ovulan y manifiestan al menos un celo dentro de los primeros 11 días después de la introducción del macho (Flores et al, 2000).

Previos estudios han determinado que el requisito más importante para inducir a las cabras anovulatorias es que los machos utilizados muestren un intenso comportamiento sexual (Flores et al, 2000). De éste modo, se puede inducir una intensa actividad sexual del macho al someterlos a 1 o 2.5 meses de días largos artificiales, iniciando el 1 de noviembre, seguido de la exposición a días cortos

naturales (Ponce et al, 2014). Este tratamiento resulta en que los machos muestren una elevada conducta sexual, modelo que se le ha denominado como macho fotoestimulado (Loya-Carrera et al, 2014).

2.6. Factores que influyen en la respuesta de las hembras anéstricas sometidas a efecto macho

2.6.1. Factores no nutricionales

Se ha determinado que siempre y cuando se pongan en contacto las hembras estacionalmente anovulatorias con machos fotoestimulados, no es necesaria la presencia por varios días; con solo un día de contacto con el macho se induce la ovulación en las hembras (Ponce et al, 2015). Del mismo modo, con solo exponer unos minutos u horas de contacto diario con el macho fotoestimulado es suficiente para inducir la ovulación en las hembras (Bedos et al, 2010; Bedos et al, 2012; Ramírez et al, 2017). De igual manera, no importa si existe un reconocimiento interindividual previo o familiaridad entre las hembras y el macho (Muñoz et al, 2016). También se ha demostrado que siempre y cuando se utilicen machos fotoestimulados el número de partos previos de las cabras, ni su experiencia sexual previa modifican la respuesta al efecto macho (Luna-Orozco et al, 2008; Fernández et al, 2011).

2.6.2. Factores nutricionales asociados a las hembras

La cabra, al igual que la oveja y contrario a la vaca, tiene el potencial de presentar ovulaciones múltiples, pero esta habilidad puede ser afectada por una nutrición inadecuada. En caprinos y ovinos que han sido criados con bajos niveles de nutrición, se han observado bajos niveles reproductivos (Lindsay et al, 1993). En cabras, uno de los factores más importantes que afecta negativamente la respuesta al efecto macho es la baja condición corporal al momento del empadre (Urrutia et al, 2003; Fitz- Rodríguez et al, 2009).

En cabras, el aporte de un suplemento alto en energía y proteína (flushing) por un periodo corto mejora la respuesta sexual y reproductiva en las cabras expuestas al efecto macho. Se observan tres efectos al suplemento alimenticio sobre el peso corporal y la tasa ovulatoria. En el efecto “agudo” se observa un incremento de la tasa ovulatoria en ausencia de un cambio detectable en el peso corporal. En el efecto “dinámico” se observa un incremento en la tasa ovulatoria acompañado de un incremento en el peso corporal. En el efecto “estático” no se produce un aumento de la tasa ovulatoria ni de peso corporal, porque las hembras tienen un alto peso corporal (Scaramuzzi et al, 2006; Goodman y Inskeep, 2006).

2.7. Efectos de una suplementación alimenticia sobre los perfiles metabólicos en las hembras

En diversos estudios en pequeños rumiantes se ha demostrado que el ofrecer a las hembras una suplementación alimenticia puede modificar algunos perfiles metabólicos a la dinámica folicular (Scaramuzzi et al, 2006). Por ejemplo, en ovejas se ha demostrado que la complementación con granos energéticos, como el lupino incrementó las concentraciones de glucosa e insulina (Scaramuzzi et al., 2006). De igual modo, Viñoles et al. (2005) observaron que, en cabras, el ofrecer el doble de la dieta base incrementó las concentraciones de insulina y glucosa en sangre al tercer día de estar recibiendo esa cantidad de alimento. Recientemente, también en cabras se observó que proporcionar maíz, el cual es un grano que proporciona energía incrementó las concentraciones plasmáticas de insulina, leptina e IGF-1, lo cual modificó potencialmente la sensibilidad de los folículos a las gonadotropinas y de este modo redujo la tasa de atresia (Nogueira et al, 2016).

En las áreas que pastorean las cabras de la Comarca Lagunera existe una dramática reducción de enero a mayo en la disponibilidad de vegetación que ellas consumen (Sáenz-Escárcega et al, 1991). En estos animales, muchos de los estudios sobre el efecto macho son llevados a cabo durante el anestro estacional en el mes de marzo, lo cual coincide con esa reducida disponibilidad de alimento. De manera que la realización del efecto macho podría coincidir con un estado pobre

de la condición corporal de las hembras y posiblemente reducir las concentraciones de glucosa y afectar la duración de la conducta estral de ellas.

Por lo antes mencionado se plantea en la presente tesis investigar si la complementación con maíz a cabras mantenidas en pastoreo extensivo, incrementa las concentraciones de la glucosa en sangre y la duración en la conducta estral inducida por el efecto macho.

OBJETIVOS

El objetivo de la presente tesis es investigar si la complementación con maíz a cabras mantenidas en pastoreo extensivo, incrementa las concentraciones de la glucosa en sangre y la duración de la conducta estral inducida por los machos fotoestimulados.

HIPÓTESIS

En las cabras mantenidas en pastoreo la complementación con maíz incrementa las concentraciones de glucosa y la duración de la conducta estral inducida por machos fotoestimulados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los procedimientos y manejo de los animales en la presente tesis están en acuerdo con las especificaciones técnicas de la norma oficial mexicana para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM-062-ZOO-1999; SAGARPA, 2001).

3.1. Ubicación geográfica del estudio y condiciones de pastoreo

El presente estudio se realizó en el Ejido Filipinas en el Municipio de Matamoros, Coahuila, México, en la Región Lagunera (Latitud 25° 36'N, Longitud 104° 47' W). Esta localidad se encuentra ubicada a una altitud de 1110 m.s.n.m. La precipitación pluvial se presenta de junio a septiembre y es en promedio de 266 mm/año (rango 163 a 540 mm/año). Además, esta región posee un clima seco con una temperatura promedio anual de 21°C variando de 37°C (mayo-agosto) a 6°C (diciembre-enero; CONAGUA, 2012).

En las áreas de pastoreo, entre otras especies vegetales los animales consumen pastos como buffel (*Cenchrus ciliare*), bermuda (*Cynodon dactylon*), navajita (*Bouteloua spp.*), Johnson (*Sorghum halepense*), así como rebrotos vegetales y frutos de mezquite (*Prosopis glandulosa*), huizache (*Acacia farnesiana*), arbustos y esquilmos de cosecha como sorgo, melón, sandía y algodón (INIFAP, 2010).

3.2. Animales experimentales

3.2.1. Hembras

Se utilizaron 54 cabras criollas anéstricas de 2 a 3 años de edad. El estado anovulatorio de las cabras se verificó a 7 días antes de realizar el efecto macho mediante un equipo de ultrasonido ALOKA SD-500 equipado con un traductor transrectal de 7.5 Mhz. Todas las cabras fueron mantenidas en un sistema de pastoreo extensivo, en el cual el rebaño salía al pastoreo a las 09:30 h y retornaba al corral a las 13:00 h. Posteriormente, el rebaño volvía al pastoreo a las 15:00 h y retornaba nuevamente al corral a las 19:00 h.

3.2.2. Machos

Se utilizaron 4 machos cabríos adultos que se mantuvieron en estabulación. En los corrales, los machos se sometieron a un tratamiento de días largos artificialmente (16 h de luz/día) de 1 noviembre del 2017 al 15 de enero 2018. La alimentación de estos machos fue basada en alfalfa y concentrado alimenticio (14% de PC). El agua y las sales minerales estuvieron a libre acceso.

3.3. Diseño experimental y efecto macho

Con las 54 hembras se formaron dos grupos, considerando su condición corporal (CC): en el grupo Testigo (GT; $n = 27$, $CC = 2.0 \pm 0.1$), las cabras solo se alimentaron durante todo el estudio con lo que obtenían en el pastoreo, sin recibir una complementación alimenticia en el corral. En el grupo Complementado (GC; $n = 27$, $CC = 2.0 \pm 0.1$), las cabras se alimentaron similar a las cabras del grupo testigo; sin

embargo, a estas cabras se les proporcionó en promedio desde 6 días antes del efecto macho y durante los 12 días que permanecieron con los machos 0.5 kg de maíz roado por la mañana antes de salir al pastoreo. Para ello, se calculó la cantidad total de cabras x 0.5 kg de maíz y lo obtenido se proporcionó en el comedero. De ese modo, cada cabra consumía en promedio 0.5 kg/día. El maíz ofrecido aportó 87.3 g de PC/kg de MS y 3.06 Mcal de EM/ kg de MS. En los corrales, las cabras de ambos grupos tuvieron acceso libre a agua y sales minerales proporcionadas mediante bloques de 25 kg.

3.3.1. Efecto macho y determinación de la actividad estral

Para llevar a cabo ello, cada grupo experimental fue conformado en 2 subgrupos (de 13 a 14 animales). A cada subgrupo de hembras se les asignó un macho cabrío fotoestimulado y los machos en los 4 grupos fueron cambiados diariamente entre ellos. Los machos estuvieron en contacto con las hembras durante 12 días.

La conducta estral de las hembras se determinó en los 4 subgrupos 2 veces por día (AM-PM). Para ello, al realizar el cambio de macho por la mañana y por las tardes se registraban las hembras que presentaran estro. Se consideró que una hembra mostró estro, cuando aceptaba la monta por parte del macho. Cada vez que se encontraba una cabra en estro, ésta se removía del corral para que el macho pudiera continuar detectando otras hembras en estro. Los machos estuvieron provistos de un mandil para evitar la cópula.

Variables evaluadas

3.3.2. Concentraciones de glucosa en sangre antes y durante la complementación

Para esta variable, se tomaron lecturas de la glucosa en 14 animales del grupo GT y 14 del GC. Así, en las cabras de ambos grupos se tomaron lecturas de la concentración de glucosa en ayuno a los 5 días antes de iniciar la complementación con maíz. Cuando animales tenían 5 días de haberse iniciado la complementación, es decir al día 6 por la mañana, en ambos grupos se tomaron lecturas de las concentraciones de glucosa preprandial y postprandial a 1.5 h y a 6.5 h después de haber proporcionado el maíz. Para determinar la glucosa, se punzó la yugular y se tomó una gota de sangre que inmediatamente se puso en los electrodos que eran colocados previamente en un glucómetro de uso en humanos (Accu Chek Sensor Comfort, Roche, Mexico). La exactitud del procedimiento es del 95 % y el valor de la correlación con el ensayo de la glucosa en plasma fue de 0.0994. Esa variable se expresó en mg/dL.

3.3.3. Determinación de la duración del primer estro inducido por macho fotoestimulados

Cuando una cabra era detectada en celo por un periodo ya sea en la mañana (AM) o en la tarde (PM), se consideró que en cada periodo tuvo una duración de 12 h. La duración de un estro consistió en el tiempo continuo desde que se detectó hasta desaparecer los signos del mismo. Esa variable se expresó en horas.

3.4. Análisis de datos

Las concentraciones de glucosa en sangre, fueron comparadas entre grupos utilizando un análisis de varianza (ANOVA) para medidas repetidas con 2 factores (tiempo de muestreo y grupo). La comparación entre grupos en cada periodo se realizó con una prueba de t de student. La duración del celo fue comparada entre grupos con una U de Mann-Whitney. La significancia de los procedimientos estadísticos fue establecida con una $P \leq 0.05$. Los resultados fueron expresados en promedio \pm error estándar del promedio. Todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico (Systat Software, San Jose, CA).

RESULTADOS

3.4.1. Concentraciones de glucosa en sangre antes y durante la complementación

En la Figura 1 se observan las concentraciones de glucosa en sangre obtenidas en las cabras de los dos grupos. El ANOVA reveló que los niveles registrados de este metabolito variaron entre los diferentes periodos muestreados ($P < 0.001$). Asimismo, en esta Figura se aprecia que la complementación con maíz produjo niveles más elevados en la glucosa en sangre en el GC que en las hembras del GT ($P < 0.001$).

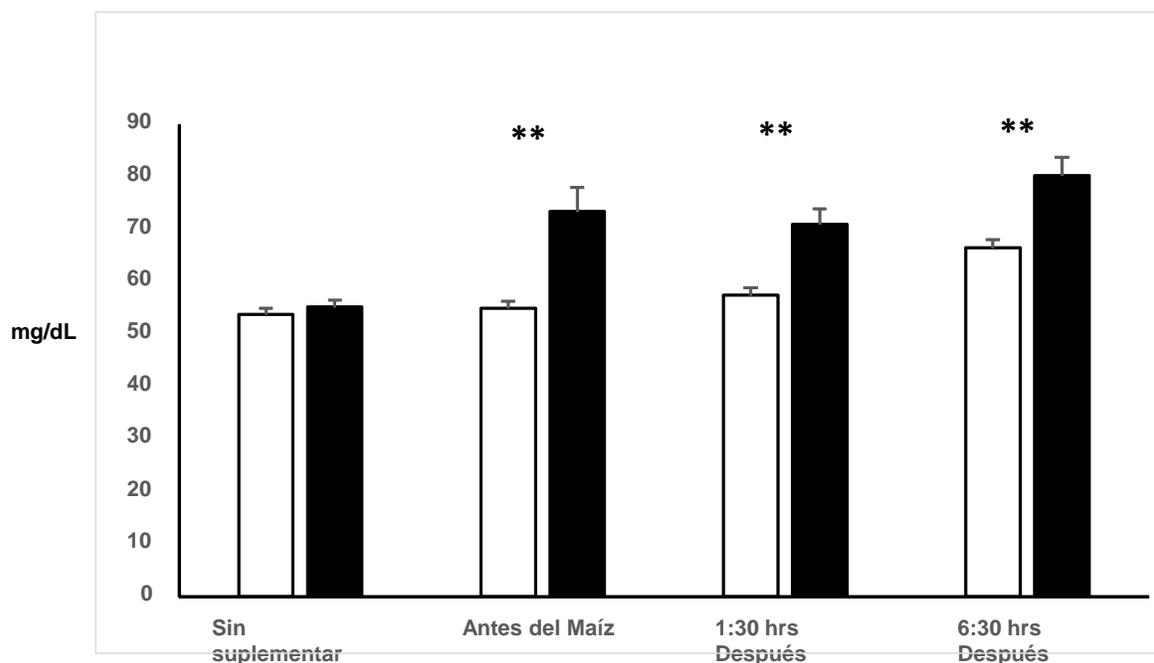


Figura 1. Concentraciones promedio (\pm EEM) de glucosa en sangre de un grupo de cabras que fue mantenido solo con la vegetación obtenida durante el pastoreo y que no recibió complementación alguna (GT, □, $n = 14$). Otro grupo de cabras se mantuvo igual que el anterior, pero además cada una recibió en promedio 0.5 kg de maíz rolado por las mañanas antes del pastoreo (GC, ■, $n = 14$). Los asteriscos denotan las diferencias entre los grupos ($p < 0.001$).

3.4.2. Duración del primer estro inducido por los machos

En la Figura 2, se observa la duración del primer estro inducido por los machos fotoestimulados en las hembras de los dos grupos de estudio. En dicha Figura se observa claramente que la duración de esta variable no fue diferente entre grupos ($P > 0.05$).

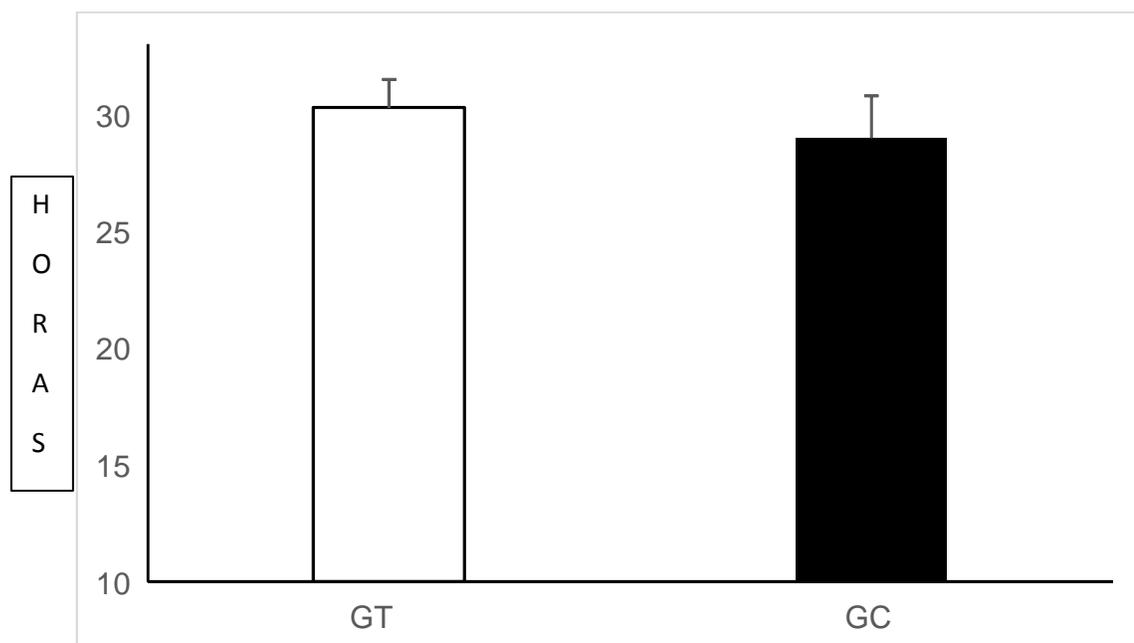


Figura 2. Duración promedio (\pm EEM) del primer celo inducido por los machos en un grupo de cabras que fue mantenido solo con la vegetación obtenida durante el pastoreo y que no recibió complementación alguna (GT, \square , $n = 27$). El otro grupo de cabras se mantuvo igual que el anterior, pero además cada una recibió en promedio 0.5 kg de maíz rolado por las mañanas antes del pastoreo (GC, \blacksquare , $n = 27$).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente tesis indican que, en las cabras mantenidas en pastoreo extensivo, la complementación con maíz incrementa las concentraciones de glucosa en sangre, pero no la duración del primer estro inducido por el contacto con machos fotoestimulados.

En la presente, el incremento en las concentraciones de glucosa debido a la complementación con maíz está en acuerdo con lo encontrado por diversos estudios en pequeños rumiantes. De este modo, se demostró que el ofrecer a las hembras una suplementación alimenticia puede modificar algunos perfiles metabólicos y la dinámica folicular (Scaramuzzi et al, 2006). Por ejemplo, en ovejas se ha demostrado que la complementación con granos energéticos, como el Lupino incrementó las concentraciones de glucosa e insulina (Scaramuzzi et al, 2006). De igual modo, Viñoles et al. (2005) observaron que, en cabras, el ofrecer el doble de la dieta base incrementó las concentraciones de insulina y glucosa en sangre al tercer día de estar recibiendo esa cantidad de alimento. Recientemente, también en cabras se observó que el proporcionar maíz, el cual es un grano que proporciona energía incrementó las concentraciones plasmáticas de insulina, leptina e IGF-1, lo cual modificó potencialmente la sensibilidad de los folículos a las gonadotropinas y de este modo redujo la tasa de atresia folicular (Nogueira et al., 2016).

A pesar de que en el presente trabajo incremento en las concentraciones de glucosa debido a la complementación con maíz, no afectó la duración del celo, deberían de tomarse en cuenta diversas consideraciones. En caprinos y ovinos que han sido criados con bajos niveles de nutrición, se han observado bajos niveles

reproductivos a su edad adulta (Lindsay et al, 1993). En las cabras, uno de los factores más importantes que afecta negativamente la respuesta al efecto macho es la baja condición corporal al momento del empadre, la cual es un reflejo de la nutrición previa que han recibido las hembras (Urrutia et al, 2003; Fitz- Rodríguez et al, 2009).

En cabras, el aporte de un suplemento alto en energía y proteína (flushing) por un periodo corto mejora la respuesta sexual y reproductiva de las mismas. En este efecto, se observan tres efectos del suplemento alimenticio sobre el peso corporal y la tasa ovulatoria. En el efecto “agudo” se observa un incremento de la tasa ovulatoria en ausencia de un cambio detectable en el peso corporal. En el efecto “dinámico” se observa un incremento de la tasa ovulatoria acompañado de un incremento en el peso corporal. En el efecto “estático” no se produce un aumento de la tasa ovulatoria ni de peso corporal, porque las hembras tienen un alto peso corporal (Scaramuzzi et al, 2006; Goodman e Inskeep, 2006). Diversos estudios han reportado las consecuencias de proporcionar una adecuada nutrición sobre la actividad sexual de las hembras de pequeños rumiantes. En las cabras españolas Payoya, Zarazaga et al. (2005) reportaron que la actividad sexual, específicamente la actividad estral anual inició antes en cabras sometidas a una nutrición completa que las sometidas a una subnutrición. En las cabras locales de la Comarca Lagunera, De Santiago-Miramontes et al. (2009) demostraron que cuando las cabras se mantienen experimentalmente con una condición corporal reducida, debido a una subnutrición, ellas muestran una estación sexual corta y una baja tasa ovulatoria comparado con el bien nutridas. Por el contrario, cuando las cabras

mantenidas en pastoreo extensivo se les proporciona un complemento alimenticio se incrementa la tasa de ovulación y la tasa de preñez al ser sometidas a utilizar machos fotoestimulados (De Santiago-Miramontes et al., 2008; Fitz-Rodríguez et al., 2009). Posiblemente, como en la presente solo se complementó con maíz, es decir, solo energía, ello no pudo afectar la respuesta estral en las cabras. En cambio, en los estudios de De Santiago-Miramontes et al. (2008) y de Fitz-Rodríguez et al. (2009) el complemento ofrecido consistió de proteínas y energía.

Sin embargo, la ausencia de un efecto del maíz sobre la duración del celo, está en paralelo con lo registrado en un estudio en corderas indígenas de Bangladesh en las que la complementación alimenticia adelantó la edad a la pubertad, pero no modificó ni la duración del ciclo estral, ni tampoco la duración del celo (Begum et al., 2014).

CONCLUSIÓN

En la presente tesis indican que, en las cabras mantenidas en pastoreo extensivo, la complementación con maíz incrementa las concentraciones de glucosa en sangre, pero no la duración del primer estro inducido por el contacto con machos fotoestimulados.

Bibliografía

Akusu, M.O., Osuawuh, A.I.A., Akpokodje, J.U., Egbunike, G.N. 1986. Ovarian activities of the west African dwarf goat (*Capra hircus*) during oestrus. *J. Reprod. Fert.* 78: 459-462.

Asdell, S.A. 1926. Variation in the onset of the breeding year of the goat. *J. Agr. Sci. Camb.* 16: 632-639.

Bedos, M., Flores, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Malpoux, B., Keller, M., Poindron, P., Delgadillo, J.A., 2010. Four hours of daily contact with sexually active males is sufficient to induce fertile ovulation in anestrus goats. *Horm. Behav.*, 58: 473-477.

Bedos, M., Velázquez, H., Fitz-Rodríguez, G., Flores, J.A., Hernández, H., Duarte, G., Vielma, J., Fernández, I.G., Retana-Márquez, M.S., MuñozGutiérrez, M., Keller, M., Delgadillo, J.A., 2012. Sexually active bucks are able to stimulate three successive groups of females per day with a 4-hour period of contact. *Physiol. Behav.* 106: 259-263.

Begum, S., McClean, C. J., Cresser, M. S., Adnan, M., Breward, N. 2014. A critical re-evaluation of the prediction of alkalinity and base cation chemistry from BGS sediment composition data. *Science of the Total Environment*, 482: 283-293.

Bretzlaff, K.N., Ott, R.S., Weston, P.G., Hixon, J.E. 1981. Doses of prostaglandin F_{2α} effective for induction of oestrus in goats. *Theriogenology*. 16: 587-591.

Bretzlaff, K.N., Ott, Weston., R.S., Hixon, P.G. 1983. Induction of luteolysis in goats with prostaglandin F_{2α} *Am J. Vet. Res.* 44: 1162-1164.

Chemineau P, Malpoux B, Delgadillo JA, Guérin Y, Ravault JP, Thimonier J, Pelletier J. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Anim Reprod Sci.* 30: 157–184.

Chemineau, P. 1983. Effect on oestrus and ovulation of exposing creole goats to the male at three times of the year. *J. Reprod. Fert.* 67: 65-72.

Chemineau, P., Cagnie, Y., Guerin, Y., Orgeur, P., & Vallet, J. C. 1991. Manuel de formation pour l'insémination artificielle chez les ovins et les caprins Training manual on artificial insemination in sheep and goats (No. FAO APHP-83). FAO, Roma (Italia).

Clarke, I.J., Wright, P.J., Chamley, W.A., Burman, K. 1984. Differences in the reproductive endocrine status of ewes in the early postpartum period and during seasonal anoestrus. *Journal of Reproduction and Fertility*. 70: 591-597.

Clarke, I.J., Smith, J.T., Caraty, A, Goodman, R.L., Lehman, M.N. 2009. Kisspeptin and seasonal reproduction in sheep. *Peptides*. 30: 154-163.

CONAGUA. 2012. Comisión Nacional del Agua, Subdelegación Región Lagunera Registro de archivos de esta Dependencia.

Corteel, J.M. 1975. The use of the progestagens to control the estrus cycle of the dairy goats *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys*. 15: 353-363.

Corteel, J.M., Leboeuf, B., Baril, G. 1988. Artificial breeding of adult goats and kids induced with hormones to ovulate outside the breeding season. *Small Rumin. Res*. 19-36.

Corteel, J.M., Mauleon, P., Thimonier, J., Ortavant, R. 1968. Reserches experimentales de gestations synchrones avant le debut de la saison sexuelle de la Chevre administration vaginale d' Acetate fluorogestona et injection intramusculaire de PMSG VI th intern. Cong. Anim. Reprod. Artif. Insem. 2: 1411-1412.

Cueto, M., Gibbons, A., Lanari, M.R., Taddeo, H., Alberio, R. 2003. Estacionalidad reproductiva en cabras Criollas Neuquinas de Patagonia Argentina. Trabajo presentado en en el VI congreso Iberoamericano de razas Criollas y autóctonas IV Simposio Iberoamericano sobre conservación y utilización de recursos zoogenéticos. Recife, Brasil. Diciembre. 1-4.

De Santiago-Miramontes, M. A., Rivas-Muñoz, R., Muñoz-Gutiérrez, M., Malpoux, B., Scaramuzzi, R. J., & Delgadillo, J. A. 2008. The ovulation rate in anoestrous female goats managed under grazing conditions and exposed to the male effect is

increased by nutritional supplementation. *Animal reproduction science*, 105: 409-416.

De Santiago-Miramontes, M.A., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2009. Body condition is associated with a shorter breeding season and reduced ovulation rate in subtropics goats. *Animal Reproduction Science*. 114: 175-182.

Delgadillo, J.A. 2005. Inseminación artificial en caprinos. Ed. Trillas. México. 25.

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., Flores, J.A., Veliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpaux, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del 25 subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Vet. Mex*. 34:69-79.

Delgadillo, J.A., Gélez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A.R., Martin, G.B. 2009: The 'male effect' in sheep and goats Revisiting the dogmas. *Behav Brain Res* 200: 304–314.

Delgadillo, J.A., Martin, G.B. 2015. Alternative methods for control of reproduction in small ruminants: a focus on the needs of grazing industries. *Anim. Front*. 5: 57-65.

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. *Domestic Animal Endocrinology*. 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. *Animal Reproduction Science*. 120: 65-70.

Echavarría, F., Gutiérrez, R., Ledesma, R., Banuelos, R., Aguilera, J., Serna, P. 2006. Influence of small ruminant grazing systems in a semiarid range in the State of Zacatecas Mexico: I Native vegetation. *Técnica Pecuaria en México*. 44: 203-217.

El-Amrawi, G.A., Hussein, F.M., El-Bawab, I.A. 1993. Oestrus synchronization and kidding rate in does treated with a vaginal sponge. *Assiut. Vet. Med. J.* 29: 249-259.

Escareño, S., Wurzinger, M., Pastor, L., Salinas, H., Soelkner, J., Iniguez, L. 2011. The goat and goat production systems of small-scale producers of the Comarca Lagunera, in Northern Mexico. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17: 235-246.

Fernández, I.G., Luna-Orozco, J.R., Vielma, J., Duarte, G., Hernández, H., Flores, J.A., Gélez, H., Delgadillo, J.A. 2011. Lack of sexual experience does not reduce the responses of LH, estrus or fertility in anestrus goats exposed to sexually active males. *Horm. Behav.* 60: 484-488.

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

Flores, J. A., Véliz, F. G., Pérez-Villanueva, J. A., Martínez De La Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B. 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., & Inskeep, E. K. 2006. Neuroendocrine control of the ovarian cycle of the sheep. In Knobil and Neill's physiology of reproduction. Academic Press. 2389-2447.

Hafez, E. Z. 1989. reproducción e inseminación artificial en animales, Nueva Editorial Interamericana, México.

Hafez, E.S.E. 1993. *Reproduction in Farm Animals*, 6th edition. Lea and Febiger, Philadelphia. 330-342.

INIFAP. 2010. Boletín técnico. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana: estados de Baja California, Sonora Chihuahua, Zacatecas, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo Leon, Durango y San Luis Potosi. 2: 13-78 SAG. Mexico.

Legan, S.J., Karsch, F.J., Foster, D.L. 1979 The endocrine control of seasonal reproductive function in the ewe: a marked change in response to the negative feedback action of estradiol on luteinizing hormone secretion. *Endocrinology*. 101: 818-824.

Lindsay, D. R. Sutherland, S.R. 1993. Ovariectomized does do not require progesterone priming for oestrous behaviour. *Reproduction, fertility and development*. 3: 679-684.

Loya-Carrera, J., Bedos, M., Ponce-Covarrubias, J.L., Hernández, H., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A. 2014. Switching photostimulated males between groups of goats does not improve the reproductive response during the mal effect. *Animal Reproduction Scienc*. 146: 21-26.

Luna-Orozco, J.R., Fernández, I.G., Gélez, H., Delgadillo, J.A. 2008. Parity of female goats does not influence their estrous and ovulatory response to the effect. *Anim. Reprod. Sci*. 106: 352-360.

Malpaux, B. Tricoire, H., Mailliet, F., Daveau, A. Migaud, M., Chemineau, P. 2002. Melatonin and seasonal reproduction: understanding the neuroendocrine mechanisms using the seep as a model skinner DC, Evans NP, Doberska C (eds). *Large Mammals as Neuroendocrine Models, Supplement*. 56: 167-179.

Martin, G. B., Hötzel, M. J., Blache, D., Walkden-Brown, S. W., Blackberry, M. A., Boukhliq, R., Miller, D. W. 2002. Determinants of the annual pattern of reproduction in mature male Merino and Suffolk sheep: modification of responses to photoperiod by an annual cycle in food supply. *Reproduction, Fertility and Development*. 14: 165-175.

Martin, G.B. 2002. Socio-sexual signals and reproduction in mammals: an overview. *Curso internacional sobre feromonas y bioestimulacion sexual FMVZ UNAM*. México. D.F.

Martin, G.B., Oldham, C., Cognié, Y. Pearce, D.T. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams (review). *Livestock Production Science*. 15: 219-247.

Muñoz, A.L., Bedos, M., Aroña, R.M., Flores, J.A., Hernández, H., Moussu, C., Briefer, E.F., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A. 2016. Efficiency of the male effect with photostimulated bucks does not depend on their familiarity with goats. *Physiol. Behav.* 158: 137-142.

Nogueira, D. M., Cavalieri, J., Fitzpatrick, L. A., Gummow, B., Blache, D., Parker, A. J. 2016. Effect of hormonal synchronisation and/or short-term supplementation with maize on follicular dynamics and hormone profiles in goats during the non-breeding season. *Animal reproduction science*, 171: 87-97.

Nuti, L.C., Bretzlaff, K.N., Elmore, R.G., Meyers, S.A. 1992. Synchronization oestrous in dairy goats treated with F2 α at various stages of oestrous cycle. *Am. J. Vet. Res.* 53: 935-937.

Ott, R.S. 1896. Prostaglandins for induction of estrus, estrus synchronization, abortion and induction of parturition. In: Morrow, D.A. (ed.) *Current Therapy in Theriogenology*. W. B. Saunders, Philadelphia. 583-585.

Ott, R.S., Nelson, D.R., Hixon, J.E. 1980. Fertility of goats following synchronization of estrus with prostaglandin F2 α . *Theriogenology* 13: 341-345.

Ott, R.S., Nelson, D.R., Hixon, J.E. 1980. Peripheral serum progesterone luteinizing hormone concentrations of goats during synchronized oestrous and ovulation with prostaglandin F2 α . *Am. J. Vet. Res.* 1434.

Ponce, J.L., Hernández, H., Flores, J.A., Keller, M., Chemineau, P., Delgadillo, J.A. 2015. One day of contact with photostimulated bucks is sufficient to induce ovulation in seasonally anestrous goats. *Theriogenology*. 84: 880-886.

Ponce, J.L., Velázquez, H., Duarte, G., Bedos, M., Hernández, H., Keller, M., Chemineau, P., Delgadillo, J.A., 2014. Reducing exposure to long days from 75 to 30 days of extra-light treatment does not decrease the capacity of male goats to

stimulate ovulatory activity in seasonally anovulatory females. *Domest. Anim. Endocrinol.* 48: 119-125.

Ramirez, S., Bedos, M., Chasles, M., Hernandez, H., Flores, J.A., Vielma, J., Duarte, G., Renata-Marquez, M.S., Kaller, M, Chemineau, P., Delgadillo, J.A. 2017. Fifteen minutes of daily contact with sexually active male induces ovulation but delays its timing in seasonally anestrous goats. *Theriogenology.* 87: 148-153.

Rathbone, M.J., Macmillan, K.L., Jochle, W., Boland, M.P., Inskip, E.K. 1998. Controlled-release products for the control of the estrus cycle in cattle, sheep, goats, deer, pigs and horses. *Crit. Rev. Therap. Drug Carrier Syst.* 15: 285-380.

Rebollar-Rebollar, S., Martínez, J. H., Rubio, R. R., Soria, E. G. 2012. Gastos e ingresos en la actividad caprina extensiva en México. *Agronomía Mesoamericana,* 159-165.

Restall, B.J. 1992. Seasonal variations in reproductive activity in Australian goats. *Anim. Reprod. Sci.* 27: 305–318.

Ritar, A.J., Ball, P.D., O'may, P.J. 1990. Inseminación artificial de cabras de cachemir: efectos sobre la fertilidad y la fecundidad del tratamiento intravaginal, método y tiempo de inseminación, proceso de congelación de semen, número de espermatozoides móviles y edad de las hembras. *Reproducción, Fertilidad y Desarrollo.* 2: 377-384.

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

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.

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. *Reproduction Nutrition Development*, 464: 339-354.

Séanz-Escárcega, P., Hoyos, F.G.L., Salinas, G.H., Martínez, M., Espinoza, J., Guerrero, A., Contreras, G.E. 1991. Establecimientos de módulos caprinos con productores cooperantes. En memorias de Evaluación de módulos caprinos en la comarca lagunera, SARH-INIFAP, Matamoros, Coahuila, México. 124-34.

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 del 2001.

Simonneaus, V. Ansel, L., Revel, F.G., Klosen, P., Pévet, P. 2009. Kisspeptin and the seasonal control of reproduction in hamsters. *Peptides*. 30: 146-153.

Thiery, J. C., Chemineau, P., Hernandez, X., Migaud, M., & Malpoux, B. 2002. Neuroendocrine interactions and seasonality. *Domestic Animal Endocrinology*, 23(1-2), 87-100.

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

Urrutia, J., Gámez, H., Ramírez, B. 2003. Effect of grazing restriction on male effect response in goats showing low body condition in the anoestrus season. *Técnica Pecuaria en México*. 41: 251-260.

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.

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.* 52: 243-257.

Zarazaga, L. A., Guzmán, J. L., Domínguez, C., Pérez, M. C., Prieto, R. 2005. Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Animal Reproduction Science*, 87: 253-267.