

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



La inexperiencia sexual de los machos maduros foto-estimulados no afecta su comportamiento sexual ni su capacidad para estimular la actividad estral y ovulatoria en cabras anéstricas

Por:

ERNÁN HERNÁNDEZ RUIZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2019

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

La inexperiencia sexual de los machos maduros foto-estimulados no afecta su comportamiento sexual ni su capacidad para estimular la actividad estral y ovulatoria en cabras anéstricas

Por:

ERNAN HERNÁNDEZ RUIZ

TESIS

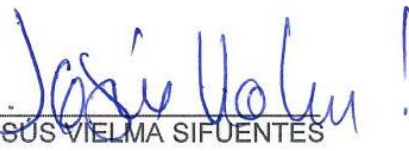
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


DRA. LDA. GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA


Presidente


DR. JESUS VIELMA SIFUENTES


Vocal


DR. JUAN CARLOS MARTÍNEZ ALFARO

Vocal


MC. ANDRÉS SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

Vocal Suplente


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



Torreón, Coahuila, México
Octubre 2019

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

La inexperiencia sexual de los machos maduros foto-estimulados no afecta su comportamiento sexual ni su capacidad para estimular la actividad estral y ovulatoria en cabras anéstricas

Por:

ERNAN HERNÁNDEZ RUIZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



DRA. ILDA GRACIELA FERNÁNDEZ GARCÍA
Asesor Principal


DR. JESÚS VIELMA SIFUENTES

Coasesor


DR. JUAN CARLOS MARTÍNEZ ALFARO

Coasesor


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

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2019



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida, por cuidarme durante todos estos años de mi vida, por permitirme llegar hasta donde estoy y por todas las bendiciones que he recibido como la hermosa familia que tengo.

A mis padres, Sra. Amelia Ruiz Hernández, por todo su amor, cariño y fe que tiene hacia a mí persona y Sr. Nelson Hernández Sánchez, por depositarme toda su confianza, apoyo moral, económico y por todos los buenos consejos que me ofrecieron. A los dos por el amor recibido, confianza, comprensión y paciencia para lograr que mis sueños sean realidad, ser **Médico Veterinario Zootecnista**.

A mi hermana, Eloida Hernández Ruiz por estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo moral que me ha brindado durante esta etapa de mi vida.

A la familia Díaz Rodríguez, por todas las enseñanzas que me brindaron. Por el apoyo moral y los buenos consejos que recibí.

A mi Alma Mater, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por aceptarme como estudiante, por la formación académica que recibí de esta hermosa profesión y por permitirme ser parte de esta noble institución.

A la Dra. Ilda Graciela Fernández García, por su confianza, apoyo y paciencia para la culminación de mi carrera profesional.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, inspirarme y darme fuerzas para culminar mis más anhelados sueños.

A mis padres, Sra. Amelia Ruiz Hernández y Sr. Nelson Hernández Sánchez por su amor, trabajo y sacrificio. Gracias a ustedes logré llegar hasta donde estoy.

A mi hermana, Elaida Hernández Ruiz por su apoyo incondicional, por estar siempre presente y por su apoyo moral.

A mi *Alma Mater* la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por aceptarme como estudiante, por la formación académica que recibí de medicina veterinaria y zootecnia. Gracias por permitirme ser parte de esta noble institución.

A la Dra. Ilda Graciela Fernández García, por su confianza, apoyo y paciencia para la culminación mi carrera profesional.

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis fue determinar si los machos maduros sin experiencia sexual foto-estimulados disminuyen el comportamiento sexual y, si estos machos son capaces de inducir la respuesta sexual en cabras anovulatorias. Se utilizaron dos grupos de machos ($n = 5$ cada uno). En el grupo con experiencia sexual, los machos tuvieron contacto total con hembras y el otro grupo sin experiencia sexual, fue alojado en total aislamiento de señales sensoriales (visuales, auditivas, táctiles y olfativas) de hembras. Los machos fueron sometidos a un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz /8 h de oscuridad) durante 2.5 meses. A los 27 meses de edad los machos fueron puestos en contacto con hembras anéstricas durante 15 días. En el día 0 las aproximaciones laterales no fueron diferentes entre ambos grupos ($P > 0.05$), pero en los días 1 y 2 esta conducta fue mayor en los machos sin experiencia sexual ($P < 0.05$); mientras que en el día 3 fue mayor en los machos con experiencia sexual ($P < 0.05$). Los olfateos ano-genital en los días 0 y 1 fue mayor en los machos con experiencia que en los machos sin experiencia sexual ($P < 0.0001$ cada día), aunque en los días 2 y 3 fue mayor en los machos sin experiencia que en los experimentados sexualmente ($P < 0.0001$ cada día). Los intentos de monta en los días 0 y 3 fue diferente entre los dos grupos de machos ($P > 0.05$, respectivamente), pero en los días 1 y 2 fue mayor en los machos sin experiencia que en los experimentados sexualmente ($P < 0.0001$ cada día). Las montas con intromisión en los días 1 a 3 no difirió entre los dos grupos de machos ($P > 0.05$). En los días 0 a 3 los automarcajes y flehmen no difirieron entre los dos grupos de machos ($P > 0.05$, de ambas variables). La proporción de cabras que mostraron estro, que ovularon en el día 6 y al día 15 del experimento, así como, la tasa ovulatoria no difirió entre las hembras expuestas a los machos sin experiencia y con experiencia sexual ($P > 0.05$). Se concluye que los machos maduros sin experiencia sexual foto-estimulados desplegaron alto comportamiento sexual y estimularon la respuesta estral y ovulatoria en las cabras anovulatorias.

Palabras clave: Caprinos, Efecto macho, Estacionalidad, Fotoperiodo, Señales sensoriales, Experiencia sexual.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS	3
OBJETIVO.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Estacionalidad reproductiva	4
2.2 Fotoperiodo.....	6
2.3 Tratamiento fotoperiódico artificial en caprinos	8
2.4 Interacciones socio-sexuales.....	10
2.5 Intensidad del comportamiento sexual del macho cabrío.....	11
2.6 Tiempo de contacto entre machos y hembras.....	12
2.7 Familiaridad en caprinos	12
2.8 Aislamiento social.....	13
2.9 Experiencia sexual en machos ovinos y caprinos.....	14
2.10 Ciclo estral en la hembra caprina	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Localización del área de estudio.....	16
3.2 Descripción de los grupos experimentales.....	16
3.3 Foto-estimulación de los machos	17
3.4 Valoración de las hembras anéstricas	18
3.5 Efecto macho	19
3.6 Variables evaluadas	19
3.6.1 Machos	19
3.6.2 Hembras.....	19
3.7 Análisis estadístico	20
4. RESULTADOS	22

4.1 Comportamiento sexual de machos maduros sin experiencia y con experiencia sexual foto-estimulados	22
4.2 Respuesta de las hembras a los machos maduros sin experiencia y con experiencia sexual foto-estimulados	23
5. DISCUSIÓN	25
6. CONCLUSIÓN	27
7. LITERATURA CITADA	28

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Respuesta estral y ovulatoria en cabras anéstricas expuestas a machos sin experiencia y con experiencia sexual maduros foto-estimulados. Los machos recibieron un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz y 8 h de oscuridad por día) del 1 de noviembre al 15 de enero.	24

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Variaciones estacionales (media \pm eem) del peso testicular (a) y las concentraciones plasmáticas de testosterona (b) de los machos cabríos locales del norte de México (26° N) mantenidos en estabulación (Modificada de Delgadillo <i>et al.</i> , 1999).	5
Figura 2	Variaciones estacionales en la actividad ovulatoria en cabras locales del norte de México (26° N) mantenidas en estabulación, alimentadas adecuadamente y sometidas a las variaciones naturales del fotoperiodo (Modificada de Duarte <i>et al.</i> , 2008).	6
Figura 3	Representación esquemática de los mecanismos fisiológicos de la acción del fotoperiodo. THR : Tracto Retino Hipotalámico, NSC : Núcleo Supraquiasmático, NPV : Núcleo Paraventricular, GSC : Ganglio Cervical Superior, GP : Glándula Pineal, GnRH : Hormona Liberadora de Gonadotropinas, LH : Hormona Luteinizante, FSH : Hormona Folículo Estimulante (Modificado de Chemineau <i>et al.</i> , 1988).	8
Figura 4	Machos cabríos sometidos a tratamiento de días largos artificiales (16 horas luz y 8 horas oscuridad por día) durante 2.5 meses. El tratamiento de días largos inició el 1 de noviembre y finalizó el 15 de enero, posteriormente los machos recibieron el fotoperiodo natural. La fotografía muestra machos cabríos recibiendo el tratamiento fotoperiódico en las instalaciones del Centro Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.	9
Figura 5	Representación esquemática de los diferentes eventos fisiológicos que ocurren durante el ciclo estral en la cabra (Tomada de Fatet <i>et al.</i> , 2011)	15
Figura 6	Machos maduros sometidos a fotoperiodo artificial (16 h de luz /8 h de oscuridad) durante 2.5 meses, empezando el 1 de noviembre hasta el 15 de enero. a partir del 16 de enero los machos solo recibieron las variaciones de la luz natural, en corral fueron alojados machos sin experiencia sexual (A) y en el otro corral fueron alojados los machos con experiencia sexual (B).	18

Figura 7

Comportamiento sexual determinado por la frecuencia en los olfateos ano-genitales, aproximaciones laterales, intentos de monta, montas con intromisión, automarcajes y flehmen en machos maduros sin experiencia sexual (■) y machos maduros con experiencia sexual (□) expuestos a cabras anovulatorias. El comportamiento sexual fue observado de 08:00 a 09:00 h y de 18:00 a 19:00, en los días 0,1, 2 y 3 post-introducción de los machos a grupos de hembras. Los machos recibieron un tratamiento de fotoperiodo mediante la exposición de días largos artificiales (16 h de luz/día) del 1 de noviembre al 15 de enero. **($P < 0.0001$).

23

1. INTRODUCCIÓN

En México el inventario nacional de caprinos es de 8.7 millones de cabezas los cuales producen 167 000 toneladas de leche y 48 000 toneladas de carne (SIAP SAGARPA, 2017). La producción de caprinos se concentra principalmente en las zonas áridas y semiáridas de nuestro país. La producción caprina se asocia principalmente a estratos de la población rural con bajos ingresos económicos donde el 80% de los caprinocultores son de subsistencia. En México casi 1.5 millones de personas dependen de la producción caprina (SIAP SAGARPA, 2017).

La Comarca Lagunera, se ubica en los estados de Coahuila y Durango en el norte de México. Al estado de Coahuila pertenecen los municipios de Torreón, Matamoros, San Pedro, Fco. I. Madero y Viesca, y a Durango corresponden Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo, Mapimí, Rodeo, Nazas, San Juan de Guadalupe, San Luis del Cordero, General Simón Bolívar y San Pedro del Gallo, esta región cuenta con un inventario de 416 820 caprinos (SIAP SAGARPA, 2017).

En la Comarca Lagunera generalmente la mayoría de los partos ocurren durante los meses de noviembre a enero, lo que indica que la mayoría de las fecundaciones ocurrieron en junio, julio y agosto. Ello sugiere que, en los caprinos de la Comarca Lagunera, la actividad reproductiva está regulada por mecanismos externos (fotoperiodo) e internos (fisiológicos y hormonales) que modifican la reproducción anual de estos animales (Delgadillo *et al.*, 2012).

Por ello, en las últimas décadas se han implementado alternativas que permitan romper dicha estacionalidad reproductiva, y por consiguiente lograr que en las cabras ocurran los partos en la época donde las condiciones naturales son más favorables para la sobrevivencia de las crías (Bronson, 1985; Delgadillo *et al.*, 2003).

Sin embargo, la reproducción de los caprinos es afectada por algunos factores como son las interacciones socio-sexuales, la familiaridad, el aislamiento social y experiencia sexual (Delgadillo *et al.*, 2002, 2012; Muñoz *et al.*, 2016; Lacuesta *et al.*, 2018; Fernández *et al.*, 2018).

La presente tesis fue realizada para investigar si la falta de experiencia sexual modifica la expresión del comportamiento sexual en los machos cabríos maduros durante su primer contacto de las hembras.

HIPÓTESIS

Los machos maduros sin experiencia sexual, foto-estimulados, despliegan bajo comportamiento sexual al ser expuestos a hembras caprinas en anestro estacional.

OBJETIVO

Determinar si los machos maduros sin experiencia sexual foto-estimulados muestran comportamiento sexual de menor intensidad y, si estos machos son capaces de inducir la respuesta estral y ovulatoria en cabras anovulatorias.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estacionalidad reproductiva

La estacionalidad reproductiva como parte del proceso de selección natural es un mecanismo de adaptación desarrollado por algunas especies animales como estrategia para minimizar el impacto negativo del ambiente de manera que los nacimientos ocurran en la época más favorable del año con abundancia de alimento y temperatura ambiental confortable (Bronson, 1985).

La estacionalidad reproductiva está regulada por el fotoperiodo. En los machos cabríos de regiones subtropicales durante la estación sexual reproductiva, se incrementan considerablemente el peso testicular, las concentraciones plasmáticas de testosterona, el olor, el comportamiento sexual determinado por las aproximaciones laterales, los olfateos ano-genital, el intento de montas, las montas con intromisión, el automarcaje y el flehmen, así como, la producción espermática cuantitativa y cualitativa. En cambio, durante el periodo de reposo sexual los valores de dichas variables se encuentran en niveles basales (Delgadillo *et al.*, 1999, 2002; Figura 1).

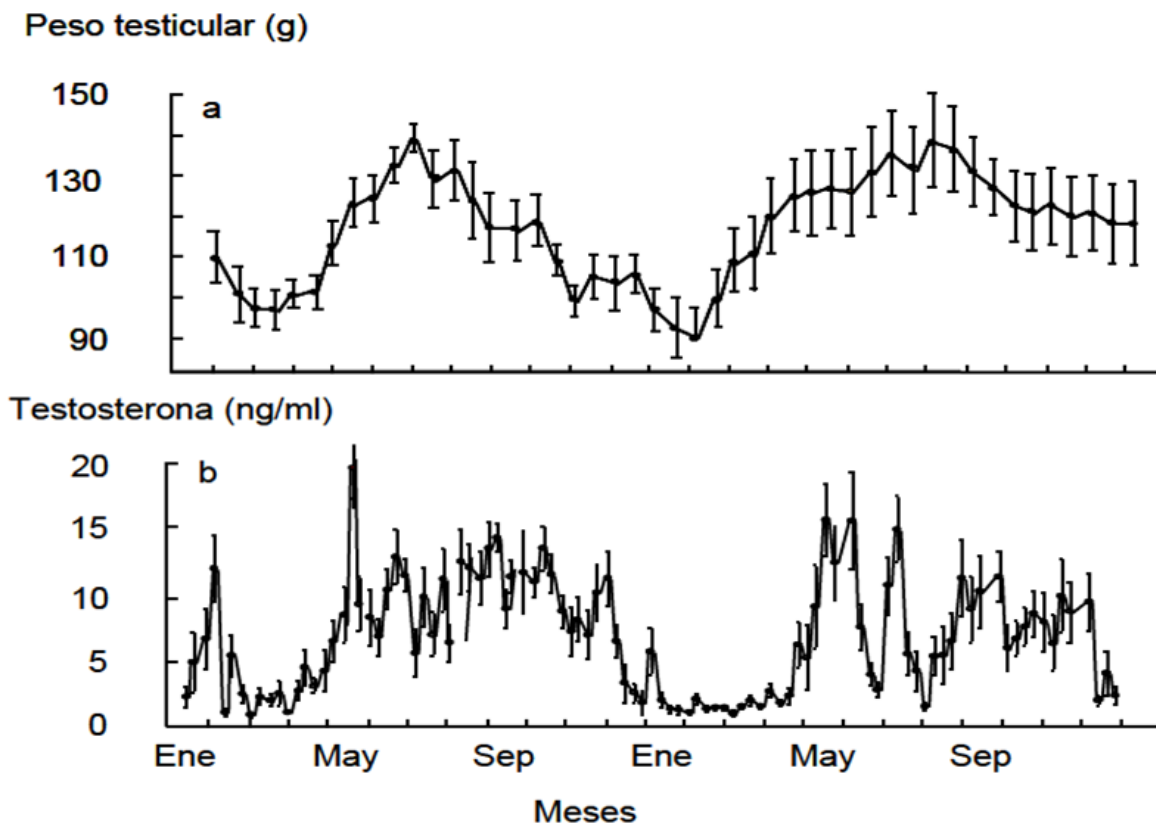


Figura 1. Variaciones estacionales (media \pm eem) del peso testicular (a) y las concentraciones plasmáticas de testosterona (b) de los machos cabríos locales del norte de México (26° N) mantenidos en estabulación (Modificada de Delgadillo *et al.*, 1999).

En las hembras caprinas originarias o adaptadas a las mismas latitudes también se observan diferencias a través del año en relación al inicio y duración de su actividad sexual (Delgadillo *et al.*, 2012). Las cabras de la Comarca Lagunera en el norte de México aisladas de machos presentan un periodo de anestro y otro de actividad sexual durante el año. El anestro estacional inicia entre febrero-marzo y finaliza entre agosto-septiembre, durante dicho lapso es evidente la disminución en la actividad sexual. La disminución de la actividad sexual se caracteriza por una reducción marcada de partos entre julio, agosto y septiembre (Duarte *et al.*, 2008;

Delgadillo *et al.*, 2012; Figura 2). También en las cabras de regiones como las que se encuentran en Argentina (30° S, Rivera *et al.*, 2003) y Australia (28° S, Restall, 1992), la actividad estral y las ovulaciones inician en el otoño y terminan en el invierno.

Hembras ovulando

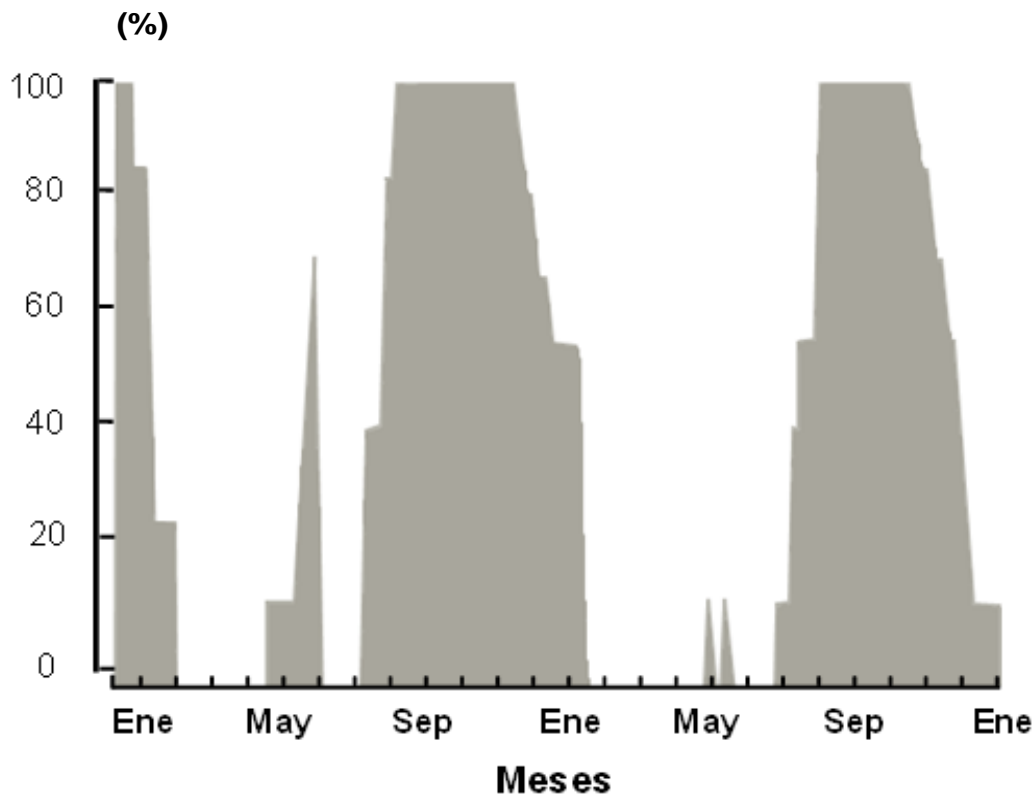


Figura 2. Variaciones estacionales en la actividad ovulatoria en cabras locales del norte de México (26° N) mantenidas en estabulación, alimentadas adecuadamente y sometidas a las variaciones naturales del fotoperiodo (Modificada de Duarte *et al.*, 2008).

2.2 Fotoperiodo

El fotoperiodo son las variaciones del día a lo largo del año, y sus efectos en la fisiología reproductiva son responsables del anestro en la hembra y de la disminución de la actividad sexual del macho. En latitudes templadas y

subtropicales, los machos y hembras alojados bajo condiciones naturales del fotoperiodo, la actividad sexual inicia en los días decrecientes del otoño y termina en los días crecientes del invierno (Chemineau *et al.*, 1992; Delgadillo *et al.*, 1991,1992). Mientras que, en los machos desarrollados en latitudes subtropicales, la actividad sexual inicia de mayo y junio, meses correspondientes a los días más largos y finaliza en los días más cortos, esto es, en diciembre del mismo año y enero del año siguiente (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 1999, 2002).

En caprinos, el efecto del fotoperiodo sobre la actividad reproductiva se observó al someter artificialmente durante 3 meses de días largos seguidos por 3 meses de días cortos durante dos años consecutivos, los resultados indicaron que la secreción de testosterona y las ovulaciones ocurrieron durante los días cortos (Delgadillo *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2010). Ello indica que el fotoperiodo sincroniza el ritmo anual de la actividad sexual tanto en ovinos como en caprinos (Malpaux *et al.*, 1989; Delgadillo *et al.*, 2004).

La glándula pineal es el principal órgano que regula la duración del día a través de los ojos y por un complejo de conexiones neuronales, los impulsos luminosos tienen su sede en la retina. Posteriormente, esta información es conducida por el tracto retino-hipotalámico hasta los núcleos supraquiasmáticos y paraventriculares del hipotálamo, antes de pasar por el ganglio cervical superior y llegar finalmente a la glándula pineal. Esta última sintetiza y secreta en la sangre la melatonina, únicamente durante la noche (Chemineau *et al.*, 1988; Figura 3).

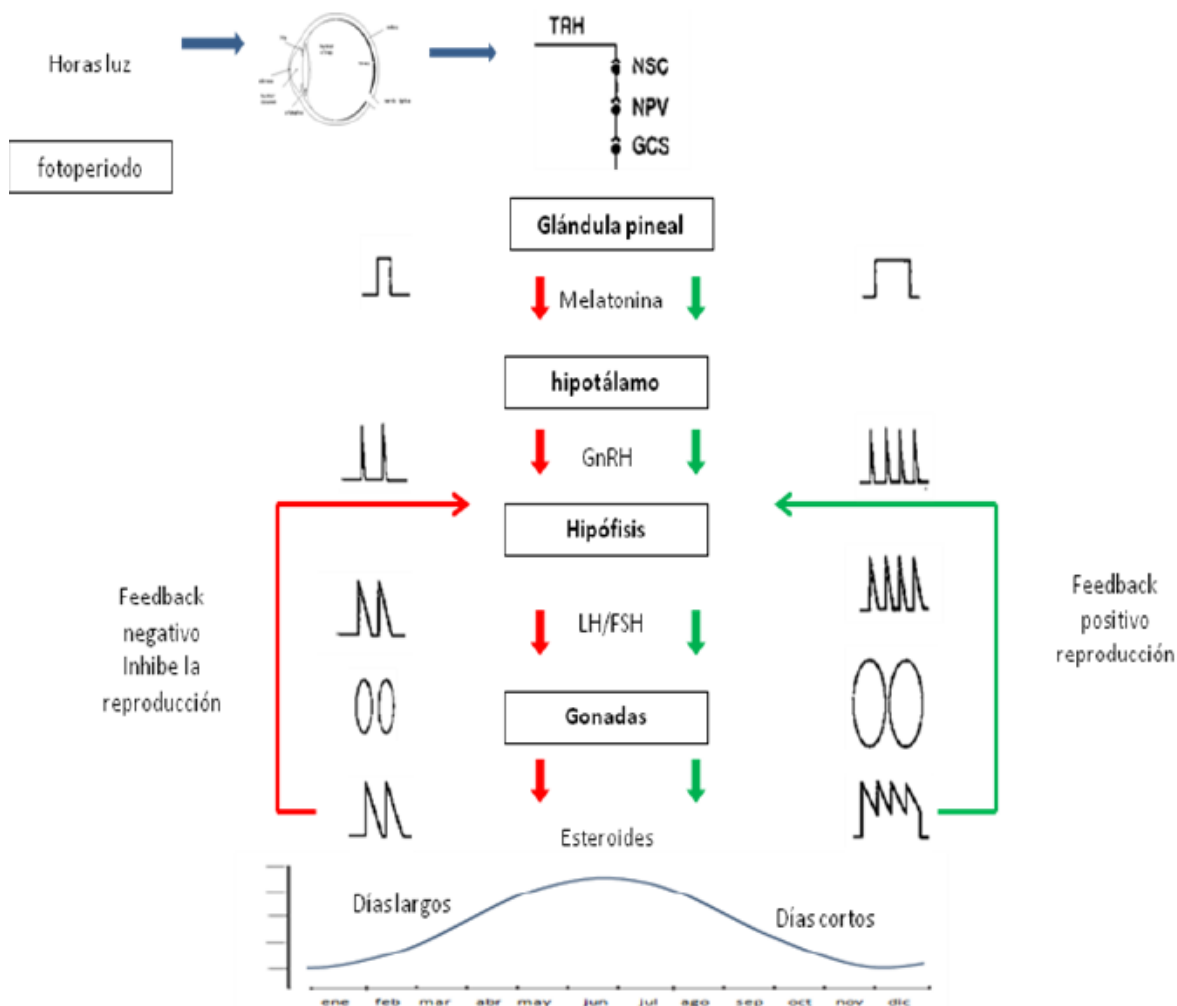


Figura 3. Representación esquemática de los mecanismos fisiológicos de la acción del fotoperiodo. **THR**: Tracto Retino Hipotalámico, **NSC**: Núcleo Supraquiasmático, **NPV**: Núcleo Paraventricular, **GSC**: Ganglio Cervical Superior, **GP**: Glándula Pineal, **GnRH**: Hormona Liberadora de Gonadotropinas, **LH**: Hormona Luteinizante, **FSH**: Hormona Foliculo Estimulante (Modificado de Chemineau *et al.*, 1988).

2.3 Tratamiento fotoperiódico artificial en caprinos

En condiciones artificiales, es factible modificar las horas luz del día, como se mencionó anteriormente los días largos inhiben la actividad sexual y los días cortos la estimulan. Sin embargo, no existe un tratamiento fotoperiódico que asegure efectos permanentes en la actividad sexual de aquellos animales que están regulados por el fotoperiodo. Por ello, la estacionalidad reproductiva en los machos

cabríos puede ser modificada mediante la aplicación de un tratamiento de fotoperiodo artificial. Este tratamiento artificial consiste en someter a los machos a días largos, esto es, a 16 h de luz y 8 h de oscuridad al día durante 2.5 meses iniciando el 1 de noviembre al 15 de enero, previo a la introducción de los machos con las hembras caprinas en anestro estacional (Figura 4). Los corrales donde se alojan los machos son equipados con lámparas led, con intensidad luminosa en toda el área del corral en al menos 300 lux a la altura del nivel de los ojos de los machos. Este tratamiento de luz adicional provoca un incremento en la secreción de testosterona, en el comportamiento sexual, en la talla testicular, y en el olor en los machos en los meses de marzo y abril (Delgadillo *et al.*, 2002).



Figura 4. Machos cabríos sometidos a tratamiento de días largos artificiales (16 horas luz y 8 horas oscuridad por día) durante 2.5 meses. El tratamiento de días largos inició el 1 de noviembre y finalizó el 15 de enero, posteriormente los machos recibieron el fotoperiodo natural. La fotografía muestra machos cabríos recibiendo el tratamiento fotoperiódico en las instalaciones del Centro Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coahuila, México.

En el contexto de la aplicación del tratamiento de fotoperiodo artificial en caprinos, se realizó un estudio con la finalidad de determinar la respuesta de los machos cabríos sometidos a diferentes tratamientos de días largos y observar su comportamiento sexual durante el reposo sexual natural, esto fue, en los meses de marzo y abril. En dicho estudio se utilizaron cinco grupos de machos (5 machos/grupo); el grupo control, fue expuesto a fotoperiodo natural y los cuatro grupos restantes recibieron 16 h de luz por 75, 45, 30 y 15 días largos (DL). El tratamiento de luz fue suspendido el 15 de enero en todos los grupos de machos simultáneamente. Los resultados indicaron que la testosterona se incrementó (>5 ng/ml) primero en los machos que recibieron 45 y 75 DL, lo cual ocurrió entre el día 14 ± 4 y día 17 ± 1 de febrero, respectivamente. Posteriormente se incrementó en los grupos de machos que recibieron 30 DL y 15 DL entre el día 20 ± 3 y día 28 ± 5 de marzo, respectivamente. Estos resultados sugieren que el tratamiento de fotoperiodo tan corto como de 30 días de DL estimula la secreción de testosterona en los machos durante el reposo sexual natural (Ponce *et al.*, 2014).

2.4 Interacciones socio-sexuales

Las relaciones socio-sociales entre individuos de la misma especie pueden modificar su estado reproductivo, mediante la introducción repentina de un macho a un grupo de hembras anéstricas ovinas o caprinas es posible estimular y sincronizar la actividad sexual en los días subsiguientes (Shelton, 1960; Martin *et al.*, 1986; Delgadillo *et al.*, 2002). A esta técnica de bioestimulación sexual se le conoce como efecto macho. Durante el efecto macho expresan las señales sensoriales visuales, auditivas, olfativas, táctiles y conductuales de ambos géneros,

mismos que ejercen un papel relevante para inducir la actividad sexual en las hembras anéstricas (Ungerfeld *et al.*, 2008; Delgadillo *et al.*, 2009).

Sin embargo, algunos factores influyen en la respuesta de las hembras al efecto macho, entre los cuales se menciona la duración del contacto entre ambos géneros (Bedos *et al.*, 2010, 2014; Ramírez *et al.*, 2017), las señales olfativas expresadas por el macho (Martínez-Alfaro *et al.*, 2014), la familiaridad, esto es, la convivencia previo entre machos y hembras (Muñoz *et al.*, 2016), aislamiento social (Lacuesta *et al.*, 2018), y experiencia sexual (Fernández *et al.*, 2018), son especialmente importantes.

2.5 Intensidad del comportamiento sexual del macho cabrío

El comportamiento sexual de los machos es un factor esencial para inducir la actividad sexual en las hembras caprinas (Delgadillo *et al.*, 2009). Efectivamente, los machos foto-estimulados, esto es, machos cabríos que despliegan alto nivel de comportamiento sexual comparados con los machos no tratados, es decir, presenta bajo o nulo comportamiento sexual (Muñoz *et al.*, 2016). Por ejemplo, más del 80% de las cabras anéstricas expuestas a machos foto-estimulados muestran comportamiento estral, en cambio el 10% de cabras en las mismas condiciones exhiben estro al exponerlas a machos sexualmente inactivos durante el reposo sexual (Flores *et al.*, 2000). En el mismo sentido, en otro estudio se observó que las hembras anéstricas expuestas a los machos foto-estimulados, hembras familiarizadas (con reconocimiento físico) o no familiarizadas (sin reconocimiento físico) inducen más del 80% de estros y ovulaciones comparadas con las hembras expuestas a los machos no tratados donde la respuesta sexual es baja o nula (0-11%; Muñoz *et al.*, 2016). Estos estudios sugieren que la intensidad del

comportamiento sexual del macho, el cual es determinado por las conductas sexuales como son las aproximaciones laterales, olfateos ano-genitales, intento de montas, montas con intromisión, automarcaje y flehmen son esenciales en la inducción de la actividad sexual en la hembra caprina.

2.6 Tiempo de contacto entre machos y hembras

En ovejas se demostró que la presencia del macho las 24 h durante 15 días consecutivos es necesaria para obtener alta respuesta ovulatoria (Ungerfeld *et al.*, 2008). Sin embargo, estudios previos indican que la disminución en la duración del contacto total entre machos y cabras en anestro estacional de 24 h, 16 h, 12 h, 8 h, 4 h, 2 h, 1 h, 30 min y 15 min por día utilizando machos foto-estimulados o sexualmente activos durante el reposo sexual natural registraron alta respuesta ovulatoria en dichas cabras, esto es, 100%, 100%, 100%, 94.1%, 100%, 100%, 93%, 93%, y 93%, respectivamente (Bedos *et al.*, 2010, 2014; Ramírez *et al.*, 2017).

2.7 Familiaridad en caprinos

En producción animal la familiaridad se define como el reconocimiento entre dos individuos, esto significa que estos animales han tenido más de un encuentro social que les permite reconocerse (Keil *et al.*, 2012).

Por ejemplo, se llevó a cabo un estudio para determinar si los machos cabríos son familiares (conocidos previamente) a las hembras después de 45 días de haber sido separados, también se investigó si los machos foto-estimulados podrían ser capaces de inducir la actividad sexual en las cabras sin considerar la familiaridad hacia ellos. Los resultados de dicho experimento indicaron que casi la totalidad de las hembras mostraron comportamiento estral y ovularon (80% y 96%, respectivamente) cuando fueron expuestas a un macho familiar foto-estimulado o a

un macho nuevo foto-estimulado. En el estudio antes mencionado concluyó que, los machos foto-estimulados inducen la actividad sexual en las cabras anéstricas sean o no conocidos previamente por ellas, esto es, sean familiares o no (Muñoz *et al.*, 2016). El dicho estudio muestra que las hembras responden al macho foto-estimulado, lo conozcan o no previamente.

2.8 Aislamiento social

En algunas especies de mamíferos el aislamiento social en etapas tempranas de su vida productiva ejerce un efecto negativo en el despliegue del comportamiento sexual y en su habilidad para llevar a cabo la cópula en su etapa adulta. Por ejemplo, en machos cabríos adultos mantenidos en aislamiento partir del destete a los 20 días de edad, disminuyen las conductas sexuales como los olfateos ano-genital, aproximaciones, flehmen, montas con eyaculación y montas sin eyaculación (Lacuesta *et al.*, 2018). También las ratas machos (*Rattus norvegicus*), sometidos a aislamiento social en su etapa juvenil disminuyen la expresión de conductas exploratorias en una arena (área específica) en su etapa adulta comparados con los machos que fueron desarrollados en pareja, esto es, en par de individuos (Arakawa, 2005). Similarmente, en cerdos (*Sus scrofa domesticus*), los verracos que son mantenidos en corrales individuales a partir de los 20 días a los siete meses, esto es, en restricción social desplegaron menos conductas sexuales y bajo número de copulaciones comparados con los verracos mantenidos en un corral en grupo sin restricción social (Hemsworth *et al.*, 1977).

Los estudios antes descritos muestran que el aislamiento social en etapas tempranas de la vida en los animales domésticos ejerce un efecto negativo en la etapa de adultez en dichos animales.

2.9 Experiencia sexual en machos ovinos y caprinos

Los machos ovinos sin experiencia sexual, son aquellos que fueron aislados del contacto de las hembras a partir del destete, estos carneros manifiestan comportamiento sexual con menor intensidad al ser expuestos con las ovejas la primera vez (Katz *et al.*, 1988; Price *et al.*, 1991). De hecho, los carneros sin experiencia sexual son menos eficientes que los sexualmente experimentados para inducir el estro en ovejas al someterlos al efecto macho (Ungerfeld *et al.*, 2008). En cambio, los machos cabríos sin experiencia sexual foto-estimulados son eficientes en inducir la respuesta sexual en cabras anéstricas sometidas al efecto macho (Fernández *et al.*, 2018). En efecto, los machos foto-estimulados, con experiencia o sin experiencia sexual, despliegan alto comportamiento al exponerlos a cabras anéstricas mediante el efecto macho. Asimismo, la proporción de hembras que ovularon expuestas a dichos machos con experiencia y sin experiencia foto-estimulados fue similar ($\geq 82\%$; Fernández *et al.*, 2018).

2.10 Ciclo estral en la hembra caprina

El ciclo estral se refiere a todos los cambios hormonales, anatómicos y de comportamiento que suceden entre el inicio o el final de un celo y, el inicio o el final de otro. En la cabra, este ciclo es en promedio de 21 días. El celo es el periodo en la cual la hembra acepta al macho para ser montada, dura en promedio 24 h con rango de 12 a 73 h. En las hembras caprinas la ovulación ocurre 4 h antes de terminar el estro (Galina y Valencia, 2014).

El ciclo ovárico se divide en dos fases: la fase folicular y la fase lútea (Figura 5). La fase folicular corresponde a la onda de desarrollo folicular que proporciona el folículo ovulatorio e implica la maduración de los folículos hasta la ovulación

(crecimiento terminal). La fase del estro incluye eventos visuales desde la manifestación del estro abierto hasta la ovulación. La fase lútea comienza en el momento de la ovulación aproximadamente 5 días después del estro, las células del folículo se transforman en células luteales y forman el cuerpo lúteo (CL). El cuerpo lúteo secreta progesterona, las concentraciones aumentan y permanecen a un nivel alto (>1 ng/ml) durante 16 días; puede ocurrir la luteólisis por acción de la prostaglandina F2 α secretada por el útero o, puede permanecer el nivel alto de progesterona si ocurre la fertilización del ovocito y así continuar con la gestación con una duración aproximada de 149 días (Fatet *et al.*, 2011).

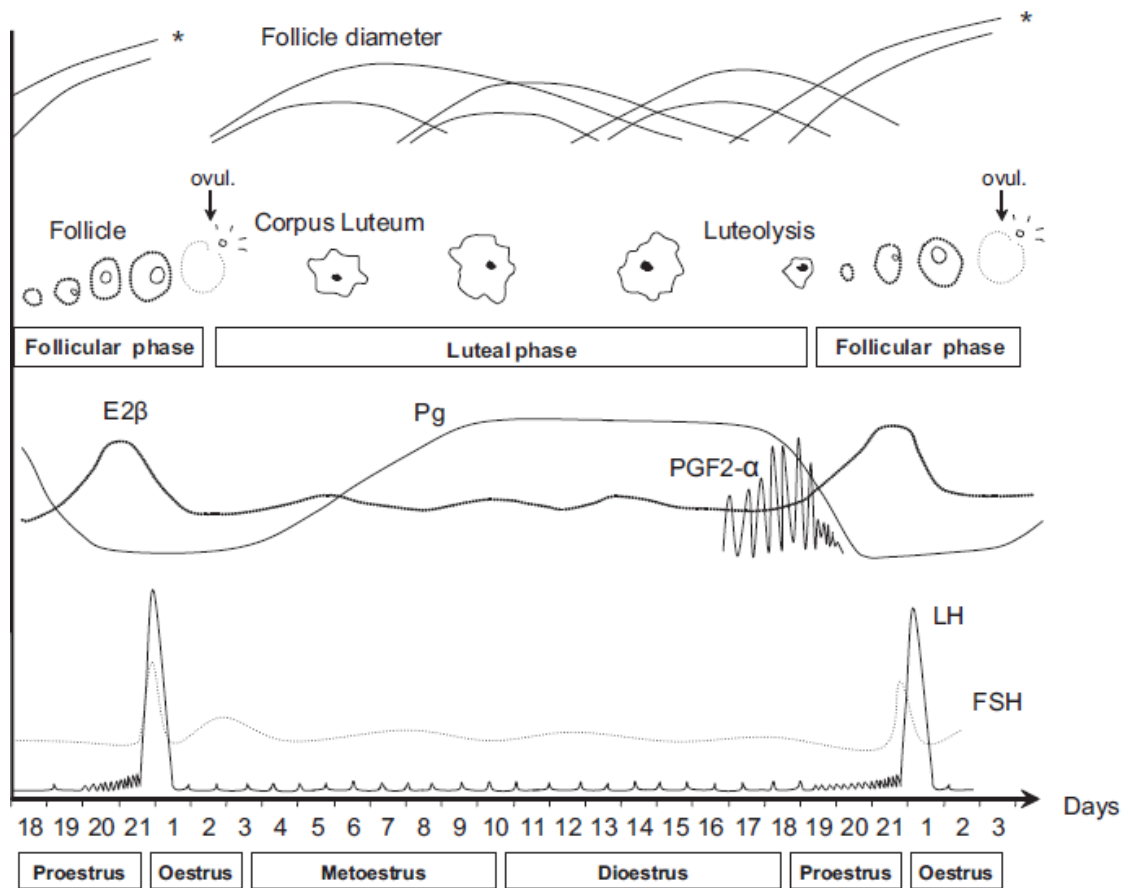


Figura 5. Representación esquemática de los diferentes eventos fisiológicos que ocurren durante el ciclo estral en la cabra (Tomada de Fatet *et al.*, 2011)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El presente estudio se realizó en el ejido La Flor, municipio de Gómez Palacio, Durango., este municipio se encuentra en latitud, 26°23' N, longitud, 104°47' W, y altitud de 1100 msnm (CONAGUA, 2018).

En el presente estudio el manejo de machos y hembras fue de acuerdo con las especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (SAGARPA, 2001).

3.2 Descripción de los grupos experimentales

Se utilizaron machos cabríos ($n = 10$) de la Comarca Lagunera que nacieron el 20 de diciembre (± 0.5 días; $\pm eem$) de 2015, y se destetaron a los 40 días de edad. Posteriormente, los machos fueron puestos en un corral (5×5 m) y se mantuvieron en total aislamiento de cualquier señal sensorial (visual, auditiva, táctil, olfativa) de cabras. A los diez meses de edad estos machos fueron divididos en dos grupos. Un grupo de cinco machos permaneció en el mismo corral y se denominó machos con experiencia sexual, a los 15 meses estos machos fueron puestos en contacto total con hembras durante 15 días. El otro grupo de cinco machos, sin experiencia sexual, continuó aislado de señales sensoriales visuales, auditivas, táctiles y olfativas de otros animales de su misma especie. Los dos grupos de machos con experiencia y sin experiencia sexual fue alojados a una distancia de 250 m entre ellos para evitar contacto entre ellos.

La alimentación proporcionada a los machos se basó en alfalfa henificada *ad libitum* (18% de proteína cruda y 1.95 Mcal/kg de energía) y alimento concentrado (14% de proteína cruda y 2.5 Mcal/kg de energía) de acuerdo a sus

requisitos nutricionales, hasta que finalizó el estudio. El agua y las sales minerales fueron proporcionadas a libre acceso.

3.3 Foto-estimulación de los machos

El 31 de octubre de 2017 a los 23 meses de edad, los machos con experiencia y sin experiencia sexual fueron sometidos a un tratamiento fotoperiódico. Dicho tratamiento inició el 1 de noviembre de 2017 y terminó el 15 de enero de 2018. Los corrales donde se alojaron los machos cabríos fueron equipados con lámparas fluorescentes de 75 watts cada una. Se comprobó que la intensidad luminosa en toda la superficie del corral fuera de al menos 300 lux a nivel de los ojos de los machos. Las lámparas fueron programadas para encenderse automáticamente de las 06:00 a las 09:00 h. Posteriormente, se volvían a encender de las 17:00 h a las 22:00 h, con ello se proporcionó 16 h luz y 8 h oscuridad durante al día (Figura 6). Así, los machos recibieron 2.5 meses de días largos artificiales, a partir del 16 de enero los machos solo recibieron las variaciones de la luz natural. Este tratamiento induce un incremento en la secreción de testosterona, en el volumen testicular, induce el comportamiento sexual de los machos durante el reposo sexual (marzo-abril; Delgadillo *et al.*, 2002).

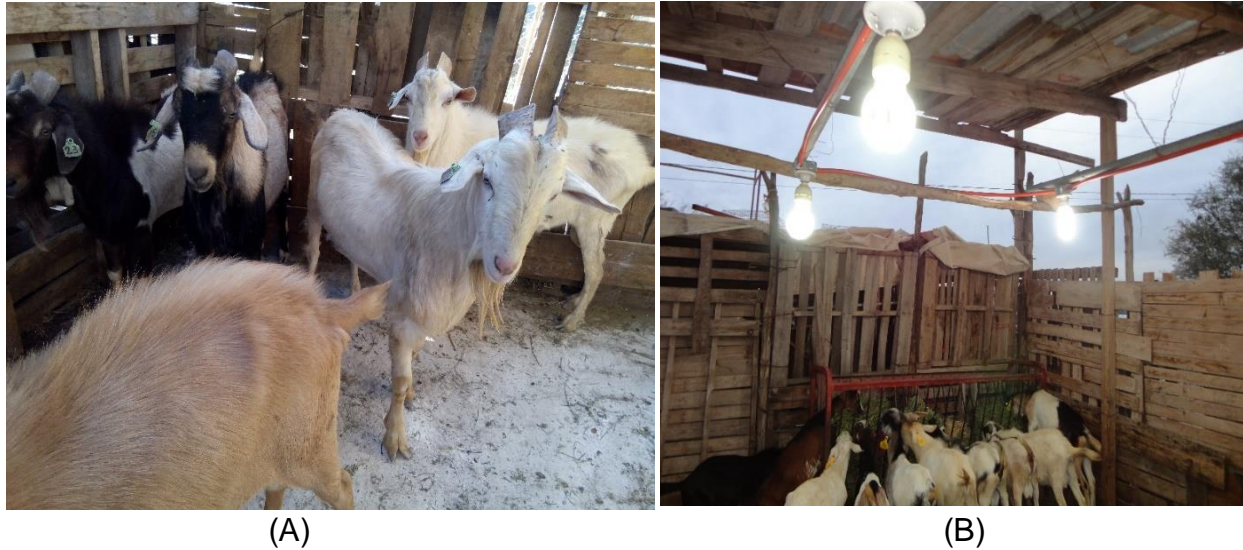


Figura 6. Machos maduros sin experiencia sexual (A) y machos con experiencia sexual (B) sometidos a un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz /8 h de oscuridad) durante 2.5 meses, del 1 de noviembre al 15 de enero. Posteriormente los machos solo recibieron las variaciones de la luz natural.

3.4 Valoración de las hembras anéstricas

Se utilizaron cabras multíparas ($n = 100$) pertenecientes a un mismo hato. La edad promedio de las cabras fue de 3 años. En el mes de marzo, 20 y 10 días antes de iniciar el experimento, las cabras fueron sometidas a un estudio de ultrasonografía transrectal para determinar el estado ovárico, para ello se utilizó el dispositivo de ultrasonido marca Aloka SSD-500, el cual estaba conectado a un transductor transrectal lineal de 7.5 MHz. Los resultados indicaron que las cabras se encontraban anovulatorias. La alimentación fue proporcionada *ad libitum* y se basó en alfalfa henificada (18% de proteína cruda y 1.95 Mcal/kg de energía), además se proporcionó 200 gr/hembra/día de concentrado comercial (14% de proteína cruda y 2.5 Mcal/kg de energía). El agua y las sales minerales fueron proporcionadas a libre acceso.

En marzo, tres días antes del inicio del experimento las cabras fueron divididas en dos grupos de 50 hembras cada uno, de acuerdo a su condición corporal (2.09 ± 0.06 y 2.08 ± 0.08 , respectivamente). Cada grupo de cabras fue separado en subgrupos de 10 hembras cada uno y fueron alojadas en corrales de 4×5 m.

3.5 Efecto macho

El efecto macho se llevó a cabo cuando los machos tenían 27 meses de edad. El día 22 de marzo de 2018 a las 08:00 h los machos fueron puestos simultáneamente en contacto con las cabras. Se utilizó la proporción de 1 macho por cada 10 cabras. Los machos permanecieron con las cabras durante 15 días, y se intercambiaron a las 08:00 y 18:00 h diariamente en cada subgrupo de hembras.

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Machos

En los machos se registró el comportamiento sexual de 08:00 a 09:00 h y de 18:00 a 19:00, en los días 0,1, 2 y 3 post-introducción de los machos con los grupos de las hembras. Las conductas sexuales registradas fueron: olfateos ano-genitales, automarcajes, flehmen, aproximaciones laterales, intentos de monta y montas con intromisión.

3.6.2 Hembras

Se determinó el porcentaje de hembras en estro durante los 15 días de contacto con los machos. El estro se registró diariamente de las 08:00 a 09:00 h y de 18.00 a 19:00 h. El porcentaje de hembras en estro se obtuvo del número total de cabras que mostraron al menos un estro dividido por el total de hembras

expuestas al macho. Durante los 15 días del efecto macho, los machos permanecieron en contacto total y permanente con las hembras.

El estro se detectó por los cambios que se produjeron y se observaron en los genitales de la hembra, en algunas hembras la vulva puede o no estar edematizada, así como, una secreción mucosa es posible que escurra por la vulva. El estro comprende dos fases: la proceptiva y receptiva. La proceptividad consiste en conductas de búsqueda que realiza la hembra para estimular al macho. La receptividad es la expresión del reflejo de inmovilización en respuesta al macho donde el macho realiza intentos de monta, culminando con la copulación (Beach, 1976; Fatet *et al.*, 2011).

Además, se determinó la proporción de hembras que ovularon y la tasa ovulatoria en los días 6 y 15 post-introducción de los machos a los grupos de hembras. La tasa ovulatoria se determinó mediante el número de cuerpos lúteos observados con la ayuda del ultrasonido transrectal, descrito anteriormente (Schrick *et al.*, 1993). El total de cuerpos lúteos registrados en todas las hembras que ovularon en uno o ambos ovarios, se dividió entre el número de hembras que ovularon (Ramírez *et al.*, 2017)

3.7 Análisis estadístico

El comportamiento sexual de los machos fue comparado entre los machos utilizando una prueba Chi cuadrada de bondad de ajuste con una hipótesis nula de igual repartición de frecuencias conductuales. La proporción de hembras que mostraron comportamiento estral, así como, la proporción de hembras que ovularon fue comparada entre grupos con una prueba exacta de Fisher. La tasa ovulatoria

fue comparada con la prueba Kruskal–Wallis. Los datos se prestan como la media \pm error estándar de la media, los análisis estadísticos se llevaron a cabo en el paquete estadístico SYSTAT (2009).

4. RESULTADOS

4.1 Comportamiento sexual de machos maduros sin experiencia y con experiencia sexual foto-estimulados

En el día 0 la frecuencia en las aproximaciones no difirió entre los machos sin experiencia y con experiencia sexual ($P > 0.05$), aunque en los días 1 y 2 fue mayor en los machos sin experiencia sexual ($P < 0.05$); mientras que en el día 3 la frecuencia fue mayor en los machos con experiencia sexual ($P < 0.05$). La frecuencia en los olfateos ano-genital en los días 0 y 1 fue mayor en los machos con experiencia que en los machos sin experiencia sexual ($P < 0.0001$ cada día), aunque en los días 2 y 3 fue mayor en los machos sin experiencia que en los experimentados sexualmente ($P < 0.0001$ cada día). En cambio, la frecuencia en los intentos de monta en los días 0 y 3 no difirió entre los dos grupos de machos ($P > 0.05$, en cada grupo), pero en los días 1 y 2 fue mayor en los machos sin experiencia que en los experimentados sexualmente ($P < 0.0001$ cada día). La frecuencia en las montas con intromisión en los días 1 a 3 no difirió entre los dos grupos de machos ($P > 0.05$). Finalmente, en los días 0 a 3 la frecuencia en los automarcajes y en el flehmen no difirió entre los dos grupos de machos ($P > 0.05$, en cada grupo; Figura 7).

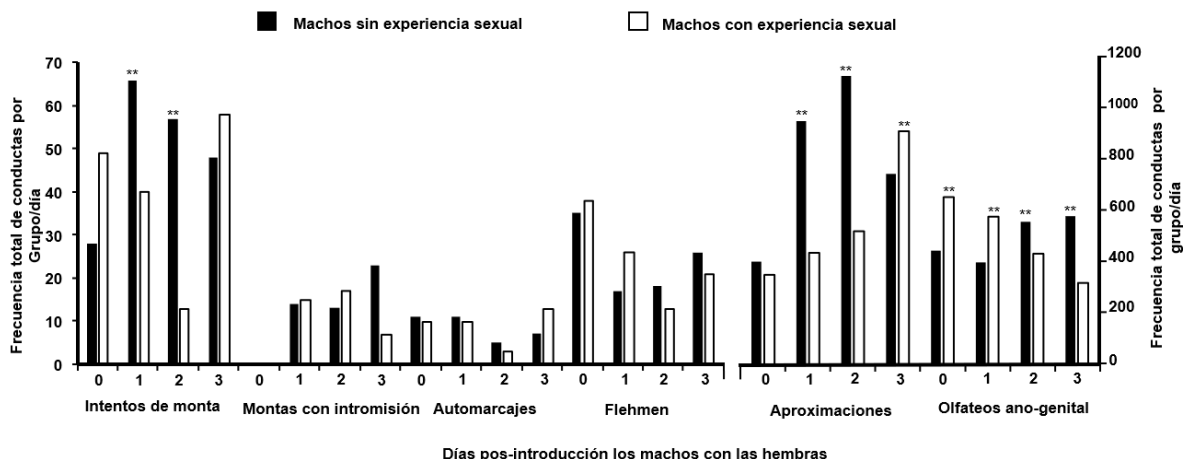


Figura 7. Comportamiento sexual determinado por la frecuencia en los olfateos ano-genitales, aproximaciones laterales, intentos de monta, montas con intromisión, automarcajes y flehmen en machos maduros sin experiencia sexual (■) y machos maduros con experiencia sexual (□) expuestos a cabras anovulatorias. El comportamiento sexual fue observado de 08:00 a 09:00 h y de 18:00 a 19:00, en los días 0,1, 2 y 3 post-introducción de los machos a grupos de hembras. Los machos recibieron un tratamiento de fotoperiodo mediante la exposición de días largos artificiales (16 h de luz/día) del 1 de noviembre al 15 de enero. **($P < 0.0001$).

4.2 Respuesta de las hembras a los machos maduros sin experiencia y con experiencia sexual foto-estimulados

La proporción de cabras que mostraron al menos un estro durante los 15 días de exposición al macho no difirió entre los dos grupos de hembras ($P > 0.05$). Similarmente, la proporción de hembras que ovularon en los días 6 y 15 post-introducción de los machos no difirió en los grupos de hembras ($P > 0.05$). También la tasa ovulatoria no difirió significativamente en los mismos grupos de hembras.

Cuadro 1. Respuesta estral y ovulatoria en cabras anéstricas expuestas a machos con experiencia y sin experiencia sexual maduros foto-estimulados. Los machos recibieron un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz y 8 h de oscuridad/día) del 1 de noviembre al 15 de enero.

Hembras en contacto con machos maduros	(n)	Ovulaciones en el día 6 post-introducción de macho	Tasa ovulatoria (media ± eem)	Ovulaciones en el día 15 post-introducción de macho	Tasa ovulatoria (media ± eem)	Estros durante 15 días
		(%)		(%)		(%)
Con experiencia sexual	50	88	1.36 ± 0.08	98	1.46 ± 0.07	98
Sin experiencia sexual	50	82	1.17 ± 0.06	92	1.36 ± 0.08	82

(P > 0.05)

5. DISCUSIÓN

En la presente tesis la hipótesis fue que los machos sin experiencia sexual maduros podrían disminuir su comportamiento sexual durante el primer contacto sexual con cabras en anestro estacional. Los resultados obtenidos en la presente tesis no soportan dicha hipótesis. Se observó que los machos sin experiencia sexual maduros foto-estimulados desplegaron alto comportamiento sexual.

Los resultados muestran que el día 0, primer contacto socio-sexual entre ambos géneros, tanto los machos sin experiencia sexual maduros como los machos con experiencia sexual mostraron el mismo nivel de comportamiento sexual el cual fue determinado por la frecuencia en las aproximaciones, intentos de monta, automarcajes y flehmen. Sin embargo, en los subsecuentes días (1 a 3), la frecuencia de las conductas entre los dos grupos experimentales mostró variabilidad, esto significa que, en algunos días de la prueba de comportamiento, los machos sin experiencia sexual maduros mostraron comportamiento sexual similar a los machos con experiencia sexual maduros. Este patrón variable en el comportamiento sexual mostrado por los machos cabríos también se ha observado en previos estudios (Katz, 2008; Bedos *et al.*, 2016; Fernández *et al.*, 2018). De manera general, los presentes resultados, así como los previos muestran que los machos cabríos de manera natural varían el despliegue de su comportamiento sexual. Por ejemplo, en la estación natural o en la estación de reposo sexual (en aquellos machos que recibieron un tratamiento fotoperiódico de días largos previamente) muestran variabilidad el comportamiento sexual (Bedos *et al.*, 2016).

El resultado de la presente tesis muestra que los machos sin experiencia sexual maduros foto-estimulados, aislados de hembras por largo tiempo no

reprimieron el despliegue de su comportamiento sexual cuando fueron expuestos a hembras por primera vez. Entonces los actuales resultados difieren de aquellos estudios que indican que los machos aislados por largo tiempo, esto es, machos sin contacto sensorial visual, auditivo, olfativo y táctil de hembras desde edad temprana afecta negativamente el despliegue de su comportamiento sexual en la edad adulta (Hemsworth *et al.*, 1977; Katz *et al.*, 1988; Price *et al.*, 1991; Lacuesta *et al.*, 2018). La diferencia en la respuesta sexual entre los machos del presente estudio y los machos utilizados por Katz *et al.* (1988), Price *et al.* (1991) y Lacuesta *et al.* (2018) se encuentra en que en el presente estudio los machos, previa exposición a las hembras, recibieron un tratamiento fotoperiódico de días largos. Está ampliamente demostrado que dicho tratamiento induce e incrementa el comportamiento sexual, la secreción de testosterona, el olor y las vocalizaciones durante el reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 2002; Bedos *et al.*, 2014; Ponce *et al.*, 2014). Entonces, dichas variables contribuyeron a inducir la respuesta sexual en las hembras anéstricas. Hecho demostrado por el alto porcentaje de hembras que ovularon y mostraron comportamiento estral. La respuesta sexual en las hembras utilizadas en el presente estudio también se ha observado en hembras anéstricas expuestas a machos con experiencia sexual jóvenes o maduros (Bedos *et al.*, 2010; Fernández *et al.*, 2018). Entonces los resultados indican que el punto clave es someter previamente a los machos a un tratamiento de días largos, con la finalidad de incrementar el comportamiento sexual durante el reposo sexual, previa exposición a las hembras anéstricas.

6. CONCLUSIÓN

Los machos maduros sin experiencia sexual foto-estimulados mostraron comportamiento sexual intenso y estimularon la respuesta estral y ovulatoria en las cabras anovulatorias.

7. LITERATURA CITADA

- Arakawa, H. 2005. Interaction between isolation rearing and social development on exploratory behavior in male rats. *Behavioural Processes*. 70:223-234.
- Beach, F.A. 1976. Sexual Attractivity, Proceptivity, and Receptivity in Female Mammals. *Hormones and Behavior*. 7:105:138.
- Bedos, M., Flores, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Keller, M., Malpoux, B., Poindron, P., Delgadillo, J.A. 2010. Four hours of daily contact with sexually active males is sufficient to induce fertile ovulation in anestrus goats. *Hormones and Behavior*. 58:473-477.
- Bedos, M., Duarte, G., Flores, J.A., Fitz-Rodríguez, G., Hernandez, 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. *Domestic Animal Endocrinology*. 48:93-99.
- Bedos, M., Muñoz, A.L., Orihuela, A., Delgadillo, J.A. 2016. The sexual behavior of male goats exposed to long days is as intense as during their breeding season. *Applied Animal Behaviour Science*. 184:35-40.
- Bronson, F.H. 1985. Mammalian reproduction: An ecological perspective. *Biology of Reproduction*. 32:1-26.
- Chemineau, P., Pelletier, J., Guérin, Y., Colas, G., Ravault J.P., Toure, G., Almeida, G., Timonier, J., Ortavant, R. 1988. Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reproduction Nutrition Development*. 28:409-422.

- Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F., Deladillo, J.A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research*. 8:299-312.
- CONAGUA. 2018. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero de Villa Juárez (1022), Estado de Durango. Disponible en: https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/durango/DR_1022.pdf. Fecha de consulta: 11 de septiembre de 2019.
- Delgadillo, J.A., Leboeuf, B., Chemineau, P. 1991. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology*. 36:755-770.
- Delgadillo, J.A., Leboeuf, B., Chemineau, P. 1992. Abolition of seasonal variations in semen quality and maintenance of sperm fertilizing ability by photoperiodic cycles in goat bucks. *Small Ruminant Research*. 9:47-49.
- 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., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H.F., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P., Malpoux, B. 2002. Induction of sexual activity of lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificial long days. *Journal of Animal Science*. 80:2780-2786.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Malpoux, B. 2003. Control de la reproducción de los caprinos del subtrópico mexicano utilizando tratamientos fotoperiódicos y efecto macho. *Veterinaria México*. 34:69-79.

- Delgadillo J.A., Fitz-Rodríguez G., Duarte G., Veliz F.G., Carrillo E., Flores J.A., Vielma J., Hernández H., Malpaux B. 2004. Management of photoperiod to control caprine reproduction in the subtropics. *Reproduction Fertility and Development*. 16:471-478.
- Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A, R., Martin, G.B. 2009. The “male effect” in sheep and goats: revisiting the dogmas. *Behavioural Brain Research*. 200:304–314.
- Delgadillo, J.A., Duarte, G., Flores, J.A., Vielma, J., Hernández, H., Fitz-Rodríguez, G., Bedos, M., Fernández, G.I., Muñoz-Gutiérrez, M., Retana-Márquez, M.S., Keller, M. 2012. Control of the sexual activity of goats without exogenous hormones: use of photoperiod, male effect and nutrition. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15:15-27.
- 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.
- Fatet, A., Pellicer-Rubio, M.T., Leboeuf, B. 2011. Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science*. 124:211-219
- Fernández, I.G., Flores, M.E., Flores, J.A., Hernández, H., Vielma, J., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G. 2018. Absence of previous sexual experience did not modify the response of anoestrous goats to photo-stimulated bucks in Spring. *Italian Journal of Animal Science*. 17:306-311.

- Flores, J.A., Véliz, F.G., Pérez-Villanueva, J.A., Martínez De La Escalera, G., Chemineau, P., Poindron, P., Malpaux, B., Delgadillo, J.A. 2000. Male reproductive condition is the limiting factor of efficiency in the male effect during seasonal anestrus in female goats. *Biology of Reproduction*. 62:1409-1414.
- Galina, C., Valencia, J., 2014. Reproducción de animales domésticos. Reproducción Animal. 3a Edición. México. Limusa. pp. 525-541.
- Hensworth, P.H., Beilharz, R.G., Galloway, D.B., 1977. Influence of social conditions during rearing on the sexual behaviour on the domestic boar. *Animal Production*. 24: 245-251.
- Katz, L.S., Price, E.O., Wallach, S.J.P., Zenchak, J.J. 1988. Sexual performance of rams reared with or without females after weaning. *Journal of Animal Science*. 66:1166.
- Keil, N.M., Imfeld-Mueller, S., Aschwanden, J., Wechsler B. 2012. Are head cues necessary for goats (*Capra hircus*) in recognising group members? *Animal Cognition*. 15:913-921.
- Lacuesta, L., Giriboni, J., Orihuela, A., Ungerfeld, R. 2018. Rearing bucks isolated from females affects negatively their sexual behavior when adults. *Animal Reproduction* 114-117.
- Malpaux, B., Robinson, E.J., Wayne, L.N., Karsech, J.F. 1989. Regulation of the onset of the breeding season of the ewe: importance of long days and of an endogenous reproductive rhythm. *Journal of Endocrinology*. 122:269-278.

- Martin, G.B., Oldham, C.M., Cognie, Y., Pearce, D.T., 1986. The physiological response of anovulatory ewes to the introduction of rams. A review. *Livestock Production Science*. 15:219-247
- Martínez-Alfaro, J.C., Hernández, H., Flores, J.A., Duarte, G., Fitz-Rodríguez, G., Fernández, I.G., Bedos, M., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A., Vielma, J. 2014. Importance of intense male sexual behavior for inducing the preovulatory LH surge and ovulation in seasonally anovulatory female goats. *Theriogenology*. 82, 1028–1035.
- Muñoz, A.L., Bedos, M., Aroña, R.M., Flores, J.A., Hernández, H., Moussub, 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. *Physiology & Behavior*. 158:137-142.
- 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. *Domestic Animal Endocrinology*. 48:119–125
- Price, E.O., Estep D.Q., Dally, M.R., Wallach, S.J. 1991. Sexual performance of rams as determined by maturation and sexual experience. *Journal of Animal Science*. 69:1047-1052.
- Ramirez, S., Bedos, M., Chasles, M., Hernandez, H., Flores, J.A., Vielma, J., Duarte, G., Renata-Marquez, M.S., Keller, 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.

- Restall, B.J. 1992. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Animal Reproduction Science*. 27:305-318.
- 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.
- Schrick, F.N., Surface, R.A., Pritchard, J.Y., Dailey, R.A., Townsend, E.C., Inskip, E.C. 1993. Ovarian structures during the estrous cycle and early pregnancy in ewes. *Biology of Reproduction*. 49:1133-1140.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca, y Alimentación (SAGARPA). 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 de 2001.
- Shelton, M. 1960. Influence of the presence of a male goat on the initiation of estrous cycling and ovulation of Angora does. *Journal of Animal Science*. 19:368-375.
- SIAP, SAGARPA. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/412565/Caprino__2017.pdf. fecha de consulta: 06 de Septiembre de 2019.
- SYSTAT 13, 2009. Cranes Software International Ltd, San José, CA, USA.
- Ungerfeld, R., Ramos, M.A., González-Pensado S.P. 2008. Ram effect: Adult rams induce a greater reproductive response in anestrus ewes than yearling rams. *Animal Reproduction Science*. 103:271-277.
- Walden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, B.W., Martin, G.B., 1994. Effect of nutrition of seasonal patterns of LH, FSH and testosterone

concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odor in Australian cashmere goats. *Journal Reproduction and Fertility*. 102, 351-360.