

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



El “efecto macho sobre macho” ocurre cuando los machos cabríos en reposo sexual no tienen contacto físico con los machos sexualmente activos

Por:

Anamichelle González Martínez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Marzo 2023

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

El "efecto macho sobre macho" ocurre cuando los machos cabríos en reposo sexual no tienen contacto físico con los machos sexualmente activos

Por:

Anamichelle González Martínez

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. José Alberto Delgado Sánchez
Presidente


Dra. Luz María Tejada Ugarte
Vocal


Dr. Horacio Hernández Hernández
Vocal


Dr. Manuel de Jesús Flores Nájera
Vocal Suplente (Externo)


M.C. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Marzo 2023

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

El "efecto macho sobre macho" ocurre cuando los machos cabríos en reposo sexual no tienen contacto físico con los machos sexualmente activos

Por:

Anamichelle González Martínez

TESIS

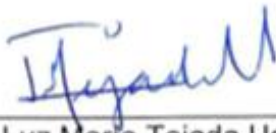
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez
Asesor principal



Dra. Luz María Tejada Ugarte
Coasesor



Dr. Horacio Hernández Hernández
Coasesor



MC. JOSÉ LUIS FCO. SANDOVAL ELÍAS
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Marzo 2023

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su amor, cariño, apoyo y confianza para que esta meta en mi vida profesional fuese posible, los amo.

A mi hermano y mi abuelita por su cariño, por ser siempre mi apoyo y mi felicidad, los amo.

A mi amiga Natalia Mayorga por su amistad y cariño desde el inicio de nuestra carrera, y por siempre apoyarnos y cuidarnos, la aprecio mucho.

Al Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez por la gran calidad de persona, por compartir su infinito conocimiento, por brindarme su amistad, también por permitirme formar parte de su gran equipo de trabajo y por los buenos momentos compartidos, lo admiro y lo aprecio mucho.

A la Dra. Luz María Tejeda por su apoyo y por brindarme su amistad, por su excelente trabajo y por los buenos momentos que compartimos, la admiro y le aprecio mucho.

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis a mi mamá Esther Martínez Martínez y a mi papá Elías González Alejo, porque este logro es posible gracias a ellos; por ser parte del proceso en cada paso, por apoyarme en cada decisión tomada. Este logro es por y para ellos, les agradezco por todo, los amo.

Al Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez porque sin su apoyo este trabajo no hubiera sido posible; por hacernos parte del proyecto y por el conocimiento compartido, lo aprecio mucho.

A mi tío Eliel Martínez Martínez lo recuerdo con mucho cariño, y fue un pilar importante en mi vida. Le dedico esta tesis por apoyarme siempre, por su cariño y porque siempre estuvo al pendiente de mí en mi vida como foránea.

A mi ex profesor Gabriel Becerril por su gran dedicación y por compartir su pasión por la Medicina Veterinaria y motivarme a hacerla mi profesión, lo aprecio mucho.

ÍNDICE

1	RESUMEN	v
2	INTRODUCCIÓN	1
3	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
3.1	Estacionalidad sexual de los caprinos adaptados a latitudes subtropicales	2
3.2	La estacionalidad sexual de los caprinos es sincronizada por las variaciones anuales de las horas luz o fotoperiodo	2
3.3	Las interacciones sexuales modifican la estacionalidad sexual de los caprinos	3
4	Objetivo	5
5	Hipótesis	5
6	MATERIALES Y MÉTODOS	6
6.1	Condiciones generales del estudio	6
6.2	Estimulación sexual de machos mediante un tratamiento fotoperiódico	6
6.3	Efecto macho sobre macho	7
6.4	Determinaciones plasmáticas de testosterona	7
6.5	Análisis estadísticos	7
7	RESULTADOS	8
8	DISCUSIÓN	10
9	CONCLUSIÓN	12
10	REFERENCIAS	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Concentraciones plasmáticas de testosterona (promedio \pm error estándar del promedio) de los machos en contacto (■) o aislados (□) de los machos sexualmente activos. **P < 0.01. 9

1 RESUMEN

En los machos cabríos en reposo sexual estacional, los machos sexualmente activos (SA) estimulan la secreción de LH y testosterona a través del "efecto macho sobre macho". Estos resultados se obtuvieron en animales en reposo sexual estacional que interactuaron libremente con los machos SA. El objetivo del presente estudio fue determinar si el "efecto macho sobre macho" ocurre aun cuando los machos en reposo sexual no tienen contacto físico con los machos SA, pero pueden percibir sus señales visuales, auditivas y de olor. El 1 de noviembre, los machos de un grupo (n = 12) se mantuvieron bajo las variaciones naturales de fotoperiodo, conformando el grupo de machos sexualmente inactivos (SI). Los machos del otro grupo (n = 6) se sometieron a 2.5 meses de días largos (16 h de luz por día) a partir del 1 de noviembre, conformando el grupo de machos sexualmente activos (SA). El 16 de enero el tratamiento luminoso finalizó y los machos se expusieron a las variaciones naturales del fotoperiodo. El 1 de abril los machos SI se dividieron en dos grupos (n = 6 cada uno). El 6 de abril (Día 0), un grupo de machos SI se expuso a dos machos SA, conformando el grupo en contacto. El otro grupo de machos SI estuvo a una distancia de 1.5 m del grupo de machos en contacto con los machos SA, conformando el grupo aislado. Las concentraciones plasmáticas de testosterona se determinaron antes (día 0) de la introducción de los machos SA, en los grupos en contacto y aislado. Posteriormente, la testosterona se determinó en el día 1, y después cada 10 días hasta 60 días después de la introducción de los machos SA. En el grupo en contacto con los machos SA, la testosterona se incrementó progresivamente en los días 10 y 20, para disminuir a partir del día 30. Las concentraciones de testosterona del grupo en contacto con machos SA fueron superiores a los del grupo aislado los días 20 y 30 después de la introducción de los machos SA ($P < 0.01$). Los resultados del estudio muestran que el "efecto macho sobre macho" ocurre aun cuando los machos cabríos en reposo sexual no tienen contacto físico con los machos SA. Sin embargo, el contacto físico es necesario para mantener elevadas las concentraciones plasmáticas de testosterona.

Palabras clave: Machos cabríos, Estacionalidad sexual, Fotoperiodo, Comportamiento sexual, Latitudes subtropicales.

2 INTRODUCCIÓN

El fotoperiodo es el principal factor que regula la estacionalidad sexual de los caprinos. Sin embargo, también las interacciones sociosexuales la modifican de manera importante. Así, en los machos expuestos durante el reposo sexual a hembras en estro, se incrementan los niveles plasmáticos de LH y testosterona, y se mejora su comportamiento sexual. Esta bioestimulación se denomina "efecto hembra". En las cabras en anestro estacional expuestas a un macho sexualmente activo (SA), se incrementan las concentraciones plasmáticas LH y ocurre la ovulación. Esta bioestimulación se denomina "efecto macho". Los machos cabríos SA también estimulan la secreción de LH y testosterona en los machos en reposo sexual estacional. Esta bioestimulación se denomina "efecto macho sobre macho". Los resultados del "efecto macho sobre macho" se obtuvieron en animales que interactuaron libremente, por lo que tuvieron contacto físico entre ellos. En este estudio se determinará si el "efecto macho sobre macho" ocurre cuando los machos en reposo sexual permanecen separados 1.5 metros de los machos SA, sin tener contacto físico entre ellos.

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Estacionalidad sexual de los caprinos adaptados a latitudes subtropicales

La estacionalidad sexual de los machos cabríos y hembras caprinas es una característica de las razas adaptadas a las zonas subtropicales. En los machos, la estación sexual determinada por el incremento de las concentraciones plasmáticas de testosterona (> 5 ng/mL), inicia en verano y termina en otoño (Delgadillo et al., 1999; Walkden-Brown et al., 1994). En las hembras no gestantes, la estación sexual determinada por las ovulaciones, inicia en otoño y termina en invierno (Restall, 1992; Duarte et al., 2008). Esta estacionalidad sexual de las razas caprinas que se observa en los animales de los hemisferios norte y sur, es sincronizada principalmente por las variaciones anuales de las horas luz o fotoperiodo.

3.2 La estacionalidad sexual de los caprinos es sincronizada por las variaciones anuales de las horas luz o fotoperiodo

La estacionalidad sexual de los machos cabríos y hembras caprinas es sincronizada principalmente por las variaciones del fotoperiodo. En los machos expuestos consecutivamente a 3 meses de días largos (14 horas de luz/día) y 3 meses de días cortos (10 horas de luz/día), las concentraciones plasmáticas de testosterona se incrementan durante los días cortos y disminuyen durante los días largos, modificando la estacionalidad observada en los machos mantenidos bajos las variaciones del fotoperiodo natural (Delgadillo et al., 2004). En las hembras expuestas al mismo tratamiento fotoperiódico utilizado en los machos, las ovulaciones inician en los días cortos y terminan en los días largos (Duarte et al., 2010). Es importante señalar que en los machos sometidos a días largos (16 horas de luz por día) por dos 2 o 3 meses en otoño e invierno seguidos del fotoperiodo natural (11-12 horas de luz por día), las concentraciones plasmáticas de testosterona se incrementan de febrero a abril, durante el reposo sexual estacional (Delgadillo et al., 2002; Zarazaga et al., 2017). Por la respuesta endocrina y sexual

descrita, los caprinos se clasificaron, desde el punto de vista reproductivo, como animales de "días cortos".

Las variaciones anuales del fotoperiodo inducen variaciones en la secreción de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH), la cual a su vez estimula la secreción de las gonadotropinas (hormona luteinizante: LH; hormona folículo estimulante: FSH) por la hipófisis. En los machos, la LH estimula la secreción de testosterona por las células de Leydig, mientras que, en las hembras, estimula la secreción del estradiol por las células de la teca interna del folículo. Después, la testosterona (machos) y el estradiol (hembras) disminuyen, por retroacción negativa, la secreción de la GnRH y LH, provocando los periodos de reposo sexual. Por tanto, esta retroacción negativa se incrementa durante los días largos y disminuye durante los días cortos (Chemineau et al., 1988; Walkden-Brown et al., 1997). Aunque el fotoperiodo sincroniza la estacionalidad sexual de los caprinos, las interacciones sociosexuales modifican de manera importante esta estacionalidad sexual.

3.3 Las interacciones sexuales modifican la estacionalidad sexual de los caprinos

Aunque el fotoperiodo es el principal factor que regula la estacionalidad sexual de los caprinos, las interacciones sociosexuales la pueden modificar de manera importante. Por ejemplo, en los machos expuestos durante el reposo sexual a hembras, se incrementan las concentraciones plasmáticas de LH y testosterona, y se mejora su comportamiento sexual (Walkden-Brown et al., 1994; Ramírez et al., 2019). Esta bioestimulación se denomina "efecto hembra". De manera similar, en las cabras expuestas a un macho durante el período de anestro estacional, se incrementan las concentraciones plasmáticas LH y muestran un comportamiento estral asociado con ovulación (Shelton, 1960; Chemineau, 1983; Bedos et al., 2014). Esta bioestimulación se denomina "efecto macho". La eficacia del efecto macho disminuye drásticamente en las razas de cabras muy estacionales, y solo una baja proporción de estas hembras ovulan cuando se exponen a los machos en la mitad del anestro estacional (Restall, 1992; Pellicer-Rubio et al., 2007), probablemente

porque los machos que están en reposo sexual y despliegan un comportamiento sexual débil (Delgadillo et al., 2002; Chasles et al., 2016). En estas razas de cabras muy estacionales, la respuesta de las hembras al efecto macho se mejora cuando los machos se someten a un tratamiento luminoso para estimular su comportamiento sexual durante el periodo de reposo sexual, es decir, "machos sexualmente activos" (SA; Delgadillo et al., 2002; Chasles et al., 2016; Zarazaga et al., 2019). Estos machos SA son más eficientes que los machos en reposo sexual para estimular las actividades endocrina (secreción de LH) y ovulatoria en cabras en anestro estacional (Bedos et al., 2014; Martínez et al., 2014; Zarazaga et al., 2019). Es importante señalar que la interacción libre, y por tanto, el contacto físico entre machos SA y hembras en reposo sexual estacional, es indispensable para evitar que se instale la anovulación estacional (Delgadillo et al., 2015). En conjunto, estos hallazgos indican que el comportamiento sexual de los machos cabríos es un factor importante en la estimulación de las actividades endocrinas y ovulatoria de las cabras en anestro estacional.

Recientemente se demostró que los machos SA estimulan las actividades endocrina y sexual de los machos cabríos durante el reposo sexual estacional. Así, las concentraciones plasmáticas de LH y testosterona, y el comportamiento sexual, son más elevados en los machos en reposo sexual expuestos a los machos SA que en aquellos expuestos a los machos sexualmente inactivos SI (Delgadillo et al., 2022). En este último estudio, los machos en reposo sexual interactuaron libremente con los machos SA, y por tanto tuvieron contacto físico entre ellos. Sin embargo, no se conoce si el contacto físico directo con los machos SA es necesario para estimular la secreción de testosterona de los machos en reposo sexual.

4 Objetivo

Determinar si el "efecto macho sobre macho" ocurre cuando los machos en reposo sexual perciben las señales auditivas, visuales y de olor pero no tienen contacto físico con los machos SA.

5 Hipótesis

El "efecto macho sobre macho" ocurre cuando los machos en reposo sexual perciben las señales auditivas, visuales y de olor pero no tienen contacto físico con los machos SA.

6 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Condiciones generales del estudio

El presente estudio se realizó utilizando machos cabríos oriundos de la Comarca Lagunera del estado de Coahuila (Latitud 26° 23' N; Longitud 104° 47' O) en el norte subtropical de México. Estos machos son el resultado de cruces entre las razas españolas Granadina, Murciana y Malagueña, que se cruzaron posteriormente con las razas Alpina, Saanen, Toggenbourg y Anglo-Nubia en los últimos 55 años. En los machos de esta población aislados de las hembras, el reposo sexual se produce de enero a mayo (Delgadillo et al., 1999). Todos los machos se mantuvieron en corrales sombreados y se alimentaron diariamente con 2 kg de heno de alfalfa (17 % PC) y 100 g de concentrado comercial (14 % PC; 1,7 Mcal/kg), con libre acceso al agua y sales minerales.

6.2 Estimulación sexual de machos mediante un tratamiento fotoperiódico

Se utilizaron machos cabríos de cuatro años. El 1 de noviembre, los machos se dividieron en dos grupos homogéneos en peso corporal y testicular, y se mantuvieron en corrales sombreados (10 x 5 m cada uno). Los machos de un grupo (n = 12) se mantuvieron bajo las variaciones naturales de fotoperiodo, formando el grupo de machos sexualmente inactivos (machos SI; peso corporal: 40 ± 4 kg; peso testicular: 80 ± 8 g). Los machos del otro grupo (n = 6) se sometieron a 2.5 meses de días largos (16 h de luz por día) a partir del 1 de noviembre, formando el grupo de machos sexualmente activos (machos SA; peso corporal: 42 ± 3 kg; peso testicular: 85 ± 7 g). El 16 de enero, el tratamiento luminoso terminó, y los machos se expusieron a las variaciones naturales del fotoperiodo. Este tratamiento luminoso estimula las actividades endocrina y sexual de los machos en el reposo sexual estacional (Delgadillo et al., 2002).

6.3 Efecto macho sobre macho

El 1 de abril, los machos SI se dividieron en dos grupos ($n = 6$ cada uno) homogéneos en peso corporal y testicular, y se mantuvieron en corrales sombreados (10 x 5 m cada uno). El 6 de abril (Día 0), un grupo de machos SI se expuso al contacto físico completo con dos machos SA. Estos machos conformaron el grupo en contacto. El otro grupo de machos SI estuvo a una distancia de 1.5 m del grupo de machos en contacto con los machos SA. Estos machos conformaron el grupo aislado. El estudio duró 60 días después de la introducción de los machos SA.

6.4 Determinaciones plasmáticas de testosterona

Las concentraciones plasmáticas de testosterona se determinaron antes (día 0) de la introducción de los machos SA, y en el grupo aislado. Posteriormente, la testosterona se determinó en los dos grupos en el día 1, y después cada 10 días hasta 60 días después de la introducción de los machos. Todas las muestras de sangre se recolectaron de la vena yugular en tubos que contenían 30 μL de heparina. Después de colectarlas, las muestras se centrifugaron a 3 500 g por 30 minutos, y el plasma obtenido se congeló a -20°C . La testosterona se determinó por radioinmunoanálisis según Faure et al. (2005). La sensibilidad del ensayo fue de 0.1 ng/mL y el coeficiente de variación intra-ensayo fue de 7.2 %.

6.5 Análisis estadísticos

Los datos de testosterona se sometieron a un análisis de varianza a dos factores con medidas repetidas para determinar las diferencias entre los grupos. El modelo incluyó el grupo de machos (tratamientos) y el tiempo de muestreo de testosterona (tiempo: días o semanas). Cuando existió interacción entre los tratamientos y el tiempo de estudio, cada punto se analizó con una prueba de T.

7 RESULTADOS

En los machos cabríos de los grupos en contacto y aislado, las concentraciones plasmáticas de testosterona variaron durante el tiempo del estudio ($P < 0.01$). Además, existió interacción entre el tiempo del estudio y grupo de machos ($P < 0.05$), indicando que las concentraciones plasmáticas de testosterona difirieron entre los grupos en contacto y aislado. En los grupos en contacto y aislado, las concentraciones de testosterona fueron bajas antes de la introducción de los machos SA y no difirieron entre ellos ($< 5 \text{ ng/mL}$; $P > 0.05$). Al día siguiente de la introducción de los machos SA, la testosterona se incrementó en los grupos en contacto y aislado, y no existió diferencia entre ellos ($P > 0.05$). Posteriormente, en el grupo aislado, la testosterona disminuyó progresivamente del día 10 al 30 postestimulación. En cambio, en el grupo en contacto, la testosterona se incrementó progresivamente en los días 10 y 20, para disminuir después del día 30 postestimulación. Las concentraciones de testosterona del grupo en contacto con machos SA fueron superiores a los del grupo aislado en los días 20 y 30 después de la introducción de los machos SA ($P < 0.01$; Figura 1).

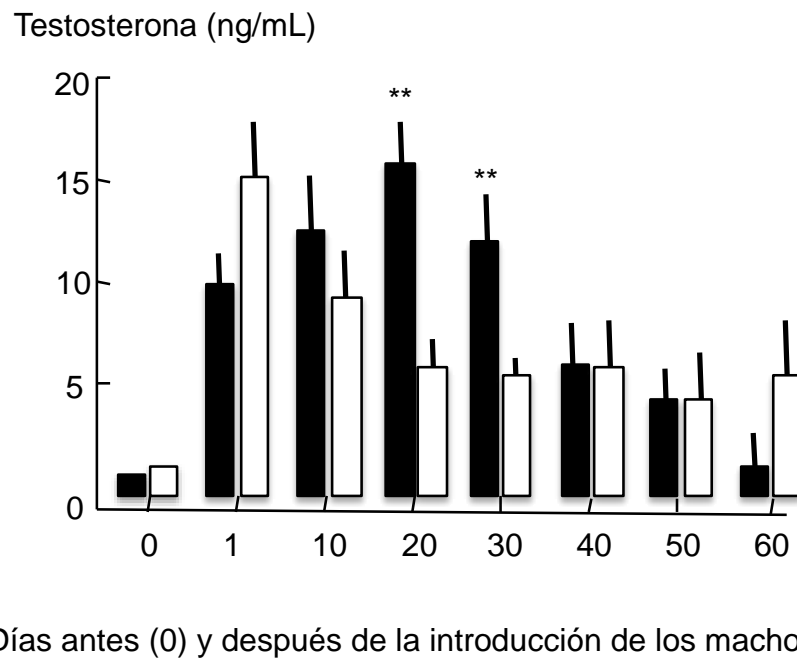


Figura 1 Concentraciones plasmáticas de testosterona (promedio \pm error estándar del promedio) de los machos en contacto (■) o aislados (□) de los machos sexualmente activos. **P < 0.01.

8 DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio apoyan la hipótesis de que el "efecto macho sobre macho" ocurre aun cuando los machos cabríos en reposo sexual no tienen contacto físico con los machos SA. Sin embargo, el contacto físico es necesario para mantener elevadas por más tiempo las concentraciones plasmáticas de testosterona. En efecto, las concentraciones de testosterona fueron superiores en los machos en contacto con los machos SA que en los machos aislados al día 20 y 30 después de la introducción de los machos SA. Los resultados de esta tesis amplían los descritos recientemente por Delgadillo et al. (2022) sobre el "efecto macho sobre macho", que indican que los estímulos que reciben los machos aislados de los SA, no permiten sostener la respuesta endocrina de los machos en reposo sexual.

En el presente estudio, las concentraciones plasmáticas de testosterona fueron bajas antes de la introducción de los machos SA en los grupos en contacto y aislado, lo que indica que se encontraban en reposo sexual estacional (Delgadillo et al., 1999; 2022). Al día siguiente de la introducción de los machos SA en el grupo en contacto, las concentraciones de testosterona del grupo aislado se incrementaron, alcanzando niveles similares a los registrados en el grupo en contacto. Estos resultados indican que los estímulos exteroceptivos sin incluir los táctiles, emitidos por la interacción entre los machos SA con aquellos en reposo sexual, reactivaron el eje hipófisis-gónadas de los machos del grupo aislado. Esta hipótesis se basa en el hecho de que en las hembras, las vocalizaciones y/o el olor de los machos estimulan la presentación del estro, la secreción de LH y la ovulación durante el anestro estacional (Shelton, 1960; Claus et al., 1990; Walkden-Brown et al., 1993; Delgadillo et al., 2012). Aunque no se ha descrito en los machos sometidos al efecto macho sobre macho, es probable que las vocalizaciones y/o el olor de los machos SA hayan estimulado la secreción de testosterona en los machos del grupo aislado.

En el grupo aislado, las concentraciones de testosterona disminuyeron gradualmente del día 1 al día 30, mientras que en el grupo contacto, estas

concentraciones se incrementaron gradualmente del día 1 hasta el día 20 después de la introducción de los machos SA. Es interesante señalar que las concentraciones de testosterona fueron superiores en el grupo contacto que, en el aislado, 20 y 30 días después de la introducción de los machos. Estos resultados indican que los estímulos exteroceptivos emitidos por la interacción entre los machos SA con aquellos en reposo sexual, no fueron suficientes para mantener estimulado el eje hipófisis-gónadas de los machos del grupo aislado. Por lo que confirman que el contacto físico es necesario para prolongar la respuesta endocrina de los machos expuestos a los machos SA. Estos resultados son similares a los observados en las hembras expuestas al efecto macho. Así, la proporción de hembras que ovula es menor a medida que están más distantes de los machos (Shelton, 1960). Además, en las hembras expuestas a machos SA sedados, que no despliegan comportamiento sexual, la secreción de LH y el porcentaje de hembras que ovula es inferior que en las hembras expuestas a machos SA no sedados que despliegan intenso comportamiento sexual (Vielma et al., 2009; Martínez-Alfaro et al., 2014).

9 CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que el "efecto macho sobre macho" ocurre aun cuando los machos cabríos en reposo sexual no tienen contacto físico con los machos SA. Sin embargo, el contacto físico es necesario para mantener elevadas las concentraciones plasmáticas de testosterona por al menos 30 días después de la introducción de los machos SA.

10 REFERENCIAS

Bedos M, Duarte G, Flores JA, Fitz-Rodríguez G, Hernández H, Vielma J, Fernández IG, Chemineau P, Keller M, Delgadillo JA. Two or 24 h of daily contact with sexually active males results in different profiles of LH secretion that both lead to ovulation in anestrus goats. *Domest Anim Endocrinol.* 2014;48:93-99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.domaniend.2014.02.003>.

Chasles M, Chesneau D, Moussu C, Delgadillo JA, Chemineau P, Keller M. Sexually active bucks are efficient to stimulate female ovulatory activity during the anestrus season also under temperate latitudes. *Anim Reprod Sci.* 2016;168:86-91. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2018.10.004>.

Chemineau P, Martin GB, Saumande J, Normant E. Seasonal and hormonal control of pulsatile LH secretion in the dairy goat (*Capra hircus*). *J Reprod Fertil.* 1988;83:91-98. doi: 10.1530/jrf.0.0830091.

Chemineau P. Effect on oestrus and ovulation of exposing creole goats to the male at three times of the year. *J Reprod Fertil.* 1983;67:65-72. doi: 10.1530/jrf.0.0670065.

Claus R, Over R, Dehnhard M. Effect of male odour on LH secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrus goats. *Anim Reprod Sci.* 1990;22:27-38.

Delgadillo JA, Canedo GA, Chemineau P, Guillaume D, Malpoux B. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male Creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology.* 1999;52:727-737. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(99\)00166-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00166-1).

Delgadillo JA, Cortez ME, Duarte G, Chemineau P, Malpoux B. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reprod Nutr Dev.* 2004;44:183-193.

Delgadillo JA, Espinoza-Flores LA, Abecia JA, Hernández H, Keller M, Chemineau P. Sexually active male goats stimulate the endocrine and sexual activities of other males in seasonal sexual rest through the “buck-to-buck effect”. *Domest Anim Endocrinol.* 2022;81:106746.

Delgadillo JA, Flores JA, Véliz FG, Hernández HF, Duarte G, Vielma J, Poindron P, Chemineau P, Malpaux B. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *J Anim Sci.* 2002;80:2780-2786. 10.2527/2002.80112780x.

Delgadillo JA, Vielma J, Hernández H, Flores JA, Duarte G, Fernández IG, Keller M, Gelez H. Male goat vocalizations stimulate the estrous behavior and LH secretion in anestrus goats that have been previously exposed to bucks. *Horm Behav.* 2012;62: 525-530.

Delgadillo JA, Flores JA, Hernandez H, Keller M, Poindron P, Rodríguez G, Duarte G, Vielma J, Chemineau P. The presence of sexually active male goats prevents seasonal anestrus in females. *Horm Behav.* 2015;69:8-15.

Duarte G, Flores JA, Malpaux B, Delgadillo JA. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domest Anim Endocrinol.* 2008;35:362-370. <https://doi:10.1016/j.domaniend.2008.07.005>.

Duarte G, Nava-Hernández MP, Malpaux B, Delgadillo JA. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Anim Reprod Sci.* 2010;120:65-70.

Faure MO, Nicol L, Fabre S, Fontaine J, Mohoric N, McNeilly A, Taragnat C. BMP-4 inhibits follicle-stimulating hormone secretion in ewe pituitary. *J Endocrinol.* 2005;186:109-121. doi: 10.1677/joe.1.05988.

Martínez JC, Hernández H, Flores JA, Duarte G, Fitz G, Fernandez IG, Bedos M, Chemineau P, Keller M, Delgadillo JA, Vielma J. Importance of intense male sexual behavior for inducing the preovulatory LH surge and ovulation in seasonally anovulatory female goats. *Theriogenology*. 2014;82:1028-1035. <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.07.024>.

Pellicer-Rubio MT, Leboeuf B, Bernelas D, Forgerit Y, Pougard JL, Bonné JL, Senti E, Chemineau P. Highly synchronous and fertile reproductive activity induced by the male effect during deep anoestrus in lactating goats subjected to treatment with artificially long days followed by a natural photoperiod. *Anim Reprod Sci*. 2007;98:241-258. doi: 10.1016/j.anireprosci.2006.03.002.

Ramírez S, Chesneau D, Grimaldo-Viesca E, Vielma J, Hernández H, Santiago-Moreno J, Chemineau P, Keller M, Delgadillo JA. Continuous presence of females in estrus does not prevent seasonal inhibition of LH and androgen concentrations in bucks. *Domest Anim Endocrinol*. 2019; 69:68-74. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2019.04.006>.

Restall BJ. Seasonal variation in reproductive activity in Australian goats. *Anim Reprod Sci*. 1992;27:305-318.

Shelton M. The influence of the presence of the male on initiation of o estrus cycling and ovulation in Angora does. *J Anim Sci*. 1960;19:368-375.

Vielma J, Chemineau P, Poindron P, Malpoux B, Delgadillo JA. Male sexual behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrous female goats. *Horm Behav*. 2009;56:444-449.

Walkden-Brown SW, B. J. Restall, and Henniawati. The male effect in the Australian cashmere goat. 1. Ovarian and behavioural response of seasonally anovulatory does following the introduction of bucks. *Anim Reprod Sci*. 1993;32: 41–53.

Walkden-Brown SW, Restall BJ, Norton BW, Scaramuzzi RJ. The 'female effect' in Australian cashmere goats: effect of season and quality of diet on the LH and testosterone response of bucks to oestrous does. *J Reprod Fertil.* 1994;100:521-531. doi: 10.1530/jrf.0.1000521.

Walkden-Brown SW, Restall BJ, Scaramuzzi RJ, Martin GB, Blackberry MA. Seasonality in male Australian cashmere goats: Long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Rumin Res.* 1997;26:239-252.

Zarazaga LA, Gatica MC, Hernández H, Chemineau P, Delgadillo JA, Guzmán JL. Photoperiod-treated bucks are equal to melatonin-treated bucks for inducing reproductive behaviour and physiological functions via the "male effect" in Mediterranean goats. *Anim Reprod Sci.* 2019;202:58-64. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.01.008>.

Zarazaga LA, Gatica MC, Hernández H, Gallego-Calvo L, Delgadillo JA, Guzmán JL. The isolation of females from males to promote a later male effect is unnecessary if the bucks used are sexually active. *Theriogenology.* 2017 Jun;95:42-47. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.02.023. Epub 2017 Mar 1. PMID: 28460678