

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EL AISLAMIENTO SOCIAL NO DISMINUYE LAS RESPUESTAS: SOCIAL,  
SEXUAL Y REPRODUCTIVA EN HEMBRAS ANÉSTRICAS SIN EXPERIENCIA  
SEXUAL DURANTE SU PRIMER CONTACTO CON MACHOS CABRÍOS FOTO-  
ESTIMULADOS

Tesis

Que presenta FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ ROMERO

como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

Torreón, Coahuila

Diciembre 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EL AISLAMIENTO SOCIAL NO DISMINUYE LAS RESPUESTAS: SOCIAL,  
SEXUAL Y REPRODUCTIVA EN HEMBRAS ANÉSTRICAS SIN EXPERIENCIA  
SEXUAL DURANTE SU PRIMER CONTACTO CON MACHOS CABRÍOS FOTO-  
ESTIMULADOS

Tesis

Que presenta FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ ROMERO

como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS

MARIA JESUS

Firmado digitalmente por  
MARIA JESUS PALOMO

PALOMO PEIRO - PEIRO - DNI 43424052Y

DNI 43424052Y Fecha: 2021.12.13 08:24:38  
+01'00'

  
Dra. Ilda Graciela Fernández García  
Nombre del Director (UAAAN)

Dra. María Jesús Palomo Peiró  
Nombre del Director Externo

Torreón, Coahuila

Diciembre 2021

El aislamiento social no disminuye las respuestas: social, sexual y reproductiva, en hembras anéstricas sin experiencia sexual durante su primer contacto con machos cabríos foto-estimulados

## Tesis

Elaborada por FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ ROMERO como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agrarias con la supervisión y aprobación del comité de asesoría



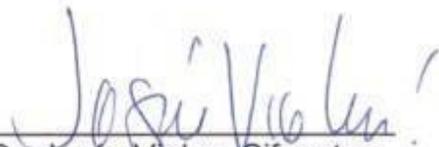
---

Dra. Ilda Graciela Fernández García  
Asesor Principal



---

Dr. José Alfredo Flores Cabrera  
Asesor



---

Dr. Jesús Velma Sifuentes  
Asesor

MARIA JESUS Firmado digitalmente por  
MARIA JESUS PALOMO

PALOMO PEIRO - PEIRO - DNI 43424052Y  
Fecha: 2021.12.13 08:25:07  
+01'00'



---

Dr. Horacio Hernández Hernández  
Asesor

---

Dra. María Jesús Palomo Peiró  
Asesor



---

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Jefe del Departamento de Posgrado



---

Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Subdirector de Postgrado

## **AGRADECIMIENTOS**

A **DIOS**, por darme la oportunidad de cumplir una meta más y por siempre estar a mi lado y escucharme en los momentos más difíciles.

A mis padres **Javier González y Georgina Romero**, a mis hermanos **Ricardo, Jovany y Ana Rosa**, por tenerme paciencia y por qué sé que siempre voy a contar con ustedes.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por darme de nuevo la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Ciencias, mi Alma Mater.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)**, por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios de postgrado.

A la **Dra. Ilda Graciela Fernández García**, por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo, por el apoyo que me brindó a lo largo de estos cuatro semestres, gracias por la confianza, por abrirme las puertas de su casa y conocer parte de su familia, gracias por su valiosa amistad y por motivarme en todo momento.

Al **Dr. Raúl Ulloa Arvizu**, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, por su valiosa ayuda en el análisis estadístico del trabajo de investigación y por aclararme siempre las dudas que tuve.

A la **Dra. María Jesús Palomo Peiró**, por formar parte de mis asesores de tesis.

A *cada uno de los doctores del Centro de Investigación en Reproducción Caprina (CIRCA)*, Dr. José Alfredo Flores Cabrera, Dr. Jesús Vielma Sifuentes, Dr. Horacio Hernández Hernández, Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez y al Dr. Gerardo Duarte Moreno, por tenerme la paciencia necesaria y por la confianza que me brindaron desde el primer día que llegué a este Centro de Investigación, y sobre todo por compartirme sus conocimientos.

A mis compañeros y amigos **Omar García, Luis Sifuentes, Alexis Vargas, Andrés Sánchez, Juan Carlos, Ulises, Carlos Polvo, Alexis Pivaral**, por siempre apoyarme, ya que tuvieron la paciencia para enseñarme parte de la universidad y por compartir muchas de sus experiencias y sobre todo gracias por siempre escucharme y brindarme sus consejos.

A cada alumno de esta Universidad que fui conociendo, y que hicieron que mi estancia fuera más amena, quiero agradecer a todas aquellas personas que se involucraron en la realización del trabajo de investigación, gracias a todos ustedes, sin su ayuda no hubiera sido posible todo este proyecto de investigación.

Quiero agradecer a unas personas muy especiales, que desde el primer día que llegue a Torreón me abrieron las puertas de su casa a pesar de ser un desconocido para ellos, y que hasta la fecha sé que puedo contar con ellos, gracias a **Angélica Méndez y Regino Montiel**, por todo el apoyo y la confianza que me brindaron y por todos los buenos momentos que hemos pasado juntos.

## DEDICATORIA

A mis padres

*Javier González Domínguez y Georgina Romero Hernández*

Quiero iniciar dándoles las gracias por este tan preciado regalo que me han dado, la vida, gracias a ustedes puedo escribir estas líneas que me enorgullece porque sin ustedes no hubiera sido posible llegar hasta esta meta, siempre estaré agradecido con ustedes por los consejos que nos han dado a mí y a mis hermanos, y por todos esos momentos que hemos compartido juntos, siempre han estado para escucharme y orientarme, y hoy orgullosamente puedo decir que lo hemos logrado, una vez más, gracias por todo los amo.

A mis hermanos y hermana

**Ricardo, Jovany y Ana Rosa**, solo quiero darles las gracias por todo el apoyo que siempre me han brindado, por todas esas veces que siempre me escuchan, dándome sus consejos y opiniones, por siempre estar apoyándome en cada una de las locuras que se me ocurren, y sobre todo gracias por compartir esos momentos que pasamos juntos, que aunque casi no nos vemos y con el poco tiempo que compartimos basta para pasarla bien, recordando cada una de las anécdotas que hemos vivido y terminar riendo hasta quedarnos sin aliento, son momentos que disfruto con ustedes, saben que son lo más importante para mí, y yo siendo el hermano mayor espero no estar fallando con este papel tan importante, espero no decepcionarlos nunca, los quiero mucho hermanos, siempre estaré para ustedes.

A ti **Ing. José Claudio Pérez**, gracias por estos años de amistad que hemos compartido juntos, por este apoyo incondicional que siempre me has brindado sin esperar a nada a cambio, por motivarme y siempre estar conmigo, por preocuparte por mí y mi familia, esta es una meta de muchas que nos falta por cumplir juntos y que me llena de satisfacción porque siempre estuviste al pendiente de mí, sobre todo le doy las gracias a Dios por haberte puesto en mi camino y gracias por el tiempo que te tomaste para venir a visitarme.

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	3
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	iv
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	viii
<b>I. RESUMEN</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>II. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
3.1. Fotoperiodo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.2. Regulación neuroendocrina de la estacionalidad reproductiva.....	5
3.3. Estacionalidad reproductiva.....	6
3.4. Relaciones socio-sexuales.....	7
3.5. Señales visuales.....	8
3.6. Señales auditivas.....	8
3.7. Señales olfatorias.....	9
3.8. Señales táctiles.....	10
3.9. Efecto macho.....	10
3.10. Machos cabríos sometidos a tratamiento fotoperiódico.....	10
3.11. Comportamiento sexual de machos cabríos fotoestimulados.....	12
3.12. Ciclo estral en la cabra.....	14
3.13. Ejes hipotálamo-pituitaria-adrenales (HPA) e hipotálamo-pituitaria-gónadas (HPG).....	16
3.13.1 Eje hipotálamo-pituitaria-adrenales.....	16
3.13.2 Eje hipotálamo-pituitaria-gónadas.....	19
3.14. El estrés en los animales domésticos.....	21
3.15. Experiencia sexual en hembras caprinas y ovinas.....	21
3.16. Comportamiento social en grupo de animales domésticos.....	22
3.17. Comportamiento sexual en hembras alojadas en grupo en diferentes especies.....	23
3.18. Caprinos ( <i>Capra aegagrus hircus</i> ).....	23

3.19.	Ovinos ( <i>Ovis aries</i> ) .....	24
3.20.	Bovinos ( <i>Bos taurus</i> ) .....	24
<b>IV.</b>	<b>HIPÓTESIS</b> .....	26
<b>V.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	26
<b>VI.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	27
6.1.	Área de estudio.....	27
6.2.	Descripción de los grupos experimentales.....	27
6.2.1.	Hembras.....	27
6.2.2.	Tratamiento fotoperiódico aplicado a los machos cabríos .....	29
6.3.	Estado anovulatorio de las hembras caprinas .....	28
6.4.	Efecto macho .....	29
6.5.	Variables evaluadas .....	29
6.5.1	Hembras.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
6.5.2.	Machos.....	31
6.6.	Nota ética .....	31
6.7.	Análisis estadístico.....	32
<b>VII.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	33
8.1.	Comportamiento socio-sexual en las hembras durante el primer contacto con los machos cabríos .....	33
8.2.	Respuestas estral, ovulatoria y reproductiva en las hembras en contacto con los machos foto-estimulados .....	35
8.3.	Comportamiento sexual de los machos en contacto con las hembras.....	37
<b>VIII.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	38
<b>IX.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	41
<b>X.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	42

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b> Tracto fotoneuroendocrino y modificaciones en la síntesis y secreción de melatonina en reproductores de días largos (verano) y reproductores de días cortos (invierno) (Tomado de Bustos y Torres, 2012).	5
<b>Figura 2</b> Concentración de testosterona plasmática en machos sin experiencia sexual fotoestimulados alojados como grupo en un corral (●) y machos sin experiencia sexual fotoestimulados alojados individualmente en corrales (▲). Los machos fueron sometidos a un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz y 8 h de oscuridad) del 1 de noviembre al 15 de enero. Posteriormente, los machos recibieron el fotoperiodo natural. La interacción tratamiento x medición difirió significativamente entre los dos grupos de machos (Fernández <i>et al.</i> , 2020).	122
<b>Figura 3</b> Comportamiento sexual del macho cabrío (Adaptado de Price <i>et al.</i> , 1986 y Fabre-Nys, 2000).	144
<b>Figura 4</b> Representación esquemática de los diferentes eventos fisiológicos que ocurren durante el ciclo estral en cabras: patrón de desarrollo folicular, ciclo ovárico y regulaciones endocrinas (Adaptado de Fatet <i>et al.</i> , 2011).	166
<b>Figura 5</b> Anatomía funcional del eje hipotálamo-pituitaria-adrenales (Turnbull y Rivier, 1999).	199
<b>Figura 6</b> Diagrama del eje hipotálamo-hipófisis-adrenales (HPA) y del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (HPG). El estrógeno y la progesterona confieren una retroalimentación positiva/negativa al hipotálamo para regular el eje HPG. El cortisol confiere retroalimentación negativa en el hipotálamo para regular el eje HPA. El cortisol actúa a nivel de la hipófisis anterior (P = pituitaria) y en los órganos reproductores para impedir la función reproductora. Las neuronas kisspeptina (KNDy) son secretadas para regular la síntesis de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) en el hipotálamo (Adaptado de Narayan y Parisella, 2017).	20
<b>Figura 7</b> Proporción acumulada (arriba) y diaria (abajo) de estros en hembras sin experiencia sexual alojadas en grupo (▲) y en hembras sin experiencia sexual alojadas individualmente (○). Las hembras fueron expuestas a machos durante 15 días. Los	34

machos fueron sometidos a días largos artificiales (16 h de luz al día y 8 h de oscuridad al día) del 1 de noviembre al 15 de enero. Posteriormente, los machos recibieron el fotoperiodo natural.

**Figura 8** Comportamiento sexual de machos en contacto con hembras anéstricas sin experiencia sexual alojadas en grupo (■) y hembras anéstricas sin experiencia sexual alojadas individualmente en corrales (□). El comportamiento sexual se registró el día 0 a las 08:00 h durante 30 minutos en el primer contacto entre machos y hembras. 377

## LISTA DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1</b> Conductas socio-sexuales en hembras sin experiencia sexual alojadas en grupo y en hembras sin experiencia sexual alojadas individualmente durante el primer contacto con el macho. Las conductas socio-sexuales se registraron a las 08:00 h durante 30 min los días 0,1, 2 y 3, post-introducción de los machos con los grupos de hembras. Los machos fueron sometidos a días largos artificiales (16 h de luz y 8 h de oscuridad por día) a partir del 1 de noviembre al 15 de enero. Posteriormente, los machos recibieron el fotoperiodo natural hasta el final del estudio.	35
<b>Tabla 2</b> Estros, actividad ovulatoria, fertilidad y prolificidad en hembras sin experiencia sexual alojadas en grupo y en hembras sin experiencia sexual alojadas individualmente. Las hembras fueron expuestas a machos durante 15 días. Los machos fueron sometidos a días largos artificiales (16 h de luz al día y 8 h de oscuridad al día) del 1 de noviembre al 15 de enero. Posteriormente, los machos recibieron el fotoperiodo natural.	37

## I. RESUMEN

### **El aislamiento social no disminuye las respuestas: social, sexual y reproductiva en hembras anéstricas sin experiencia sexual durante su primer contacto con machos cabríos foto-estimulados**

Por: Francisco Javier González Romero

Para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agrarias

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Director de tesis: Dra. Ilda Graciela Fernández García

Los objetivos del presente estudio fueron determinar si i) las hembras anéstricas sin experiencia sexual alojadas en grupo muestran más conductas socio-sexuales durante el primer contacto con el macho comparadas con las hembras alojadas individualmente y ii) las hembras sin experiencia sexual anéstricas alojadas en grupo incrementan los estros y las ovulaciones comparadas con las alojadas individualmente, en contacto con machos cabríos foto-estimulados. Diez machos recibieron un tratamiento fotoperiódico de días largos artificiales durante 2.5 meses. Paralelamente, un grupo de 10 hembras fue puesto en un corral y 10 hembras fueron alojadas individualmente. Las hembras en grupo e individualmente fueron expuestas a la presencia de un macho por 30 min. Se registraron los olfateos al macho, acercarse al macho y alejarse del macho. En los machos se registraron las aproximaciones, olfateos anogenitales y los intentos de monta. Posteriormente, cada grupo de hembras fue alojado en un corral con un macho por 15 días. En día 0 de contacto con el macho, los olfateos al macho, acercarse al macho y alejarse del macho fueron similares entre los diferentes grupos de hembras ( $P > 0.05$ ), así como también la aparición de los estros, las ovulaciones, los ciclos ovulatorios cortos y normales ( $P > 0.05$ ). Las aproximaciones y olfateos anogenitales difirieron entre los machos ( $P < 0.05$ ) mientras que los intentos de monta fueron similares entre los machos ( $P > 0.05$ ). Entonces, las hembras alojadas individualmente o en grupo mostraron conductas socio-sexuales similares durante el primer contacto con

el macho, registrando alta respuesta estral y ovulatoria en contacto con machos foto-estimulados, independientemente de como las hembras habían sido alojadas.

**Palabras clave:** Caprinos, fotoperiodo, estacionalidad, experiencia sexual, señales sensoriales, efecto macho.

## ABSTRACT

### **Social isolation does not diminish the responses: social, sexual and reproductive in sexually inexperienced anestrous females during their first contact with photo-stimulated male goats**

By: Francisco Javier González Romero

To obtain the degree of Master of Science in Ciencias Agrarias

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Thesis director: Dra. Ilda Graciela Fernández García

The objectives of the present study were to determine whether i) group-housed sexually unexperienced anestrous females display more socio-sexual behaviours during the first contact with the male compared to individually housed females, and ii) group-housed sexually inexperienced anestrous females increase estrous behaviour and ovulations compared to those housed individually, in contact with photo-stimulated male goats. Ten males received a photoperiodic treatment of artificially long days during 2.5 months. A group of 10 females was housed in a pen and while another group of 10 females were housed individually. The females housed in group and those housed individually were placed in contact with a male for 30 min. Sniffing the male, approaching the male, and getting away from the male were recorded. In males, nudging, anogenital sniffing and mounting attempts were recorded. After, each group of females was in contact with a male for 15 days. On day 0 of contact with the male, sniffing the male, approaching the male and getting away from the male did not differ between females ( $P > 0.05$ ). Estrus, ovulation, short and normal ovulatory cycles were similar between both groups of females ( $P > 0.05$ ). Nudging and anogenital sniffing differed between males ( $P < 0.05$ ), whereas mounting attempts were similar between them ( $P > 0.05$ ). Thus, the females housed individually or in a group showed similar socio-sexual behaviours during the first contact with the male, and both groups of females, housed individually and in group, registered a high estrous behaviour and ovulatory response in contact with photo-stimulated males.

**Key words:** Caprine, photoperiod, seasonality, sexual experience, sensory signals, male effect.

## II. INTRODUCCIÓN

La domesticación de los caprinos y los ovinos se ubica entre los 6,000 a 7,000 años a.C., convirtiéndolos en los primeros animales de pastoreo (Zohary, 1998). A través del tiempo los caprinos han estado presentes en nuestra civilización siendo parte importante en un gran número de culturas en el mundo. Por ejemplo, los caprinos se han descrito en algunos pasajes bíblicos, en la vía láctea como Capricornio. Además, los caprinos son parte de la mitología griega, hindú, egipcia, rusa y nórdica, entre otras. En Europa, los caprinos han estado presente como simbología personal o como signo de nobleza en diversos escudos familiares desde hace varios siglos (Fernández y Muñoz, 2021).

Los caprinos poseen una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes, en particular a aquellos que se encuentran en condiciones agrestes. Actualmente en los países en vías de desarrollo, los pequeños rumiantes resaltan su importancia en la subsistencia de un amplio sector marginado (Braker *et al.*, 2002). En México, la caprinocultura es una fuente de ingresos importante en los sistemas de producción de pequeños productores, ya que la mayoría se desarrollan en zonas rurales en regiones áridas y semiáridas. Actualmente en México posee un inventario de 8,830,720 animales.

Los caprinos han desarrollado ciertos mecanismos fisiológicos que les ha ayudado a contrarrestar los efectos del medio ambiente, en particular, la estacionalidad reproductiva, misma que está bajo control del fotoperiodo (Bronson, 2009). La estacionalidad reproductiva es utilizada por los animales como una estrategia reproductiva (Lincoln y Short, 1980). La estacionalidad reproductiva en las hembras caprinas adaptadas a las condiciones ambientales de la Comarca Lagunera se caracteriza por presentar dos estaciones en su ciclo reproductivo; la primera es aquella donde presenta el anestro estacional y la segunda es donde se presenta la actividad sexual o de reproducción (Hafez, 1952; Delgadillo *et al.*, 2004). En la Comarca Lagunera la actividad sexual en las hembras aisladas de machos se manifiesta en los meses de septiembre a febrero

y el anestro estacional se presenta de febrero a agosto (Duarte *et al.*, 2008). En los machos cabríos sucede algo similar, el reposo sexual se presenta en los meses de enero a mayo y la actividad sexual se presenta de julio a diciembre (Delgadillo *et al.*, 2003).

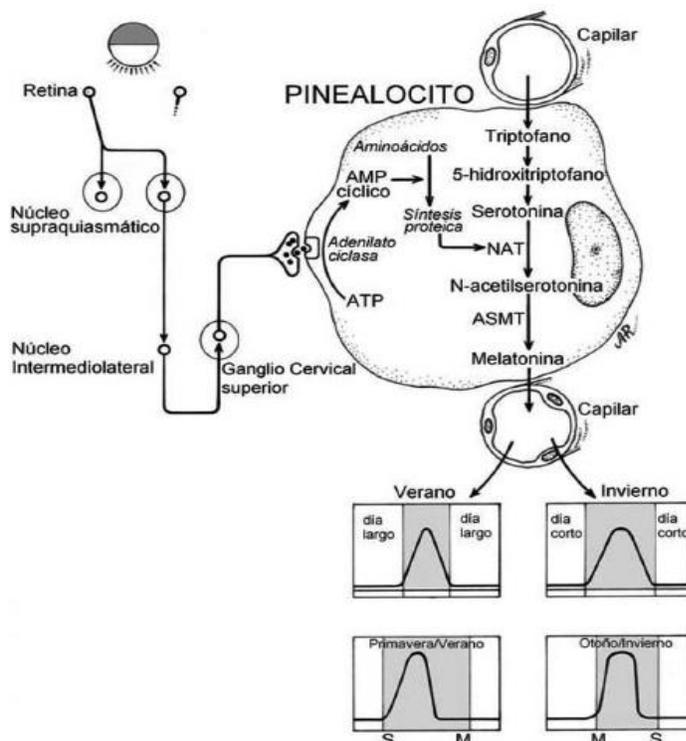
La estacionalidad reproductiva representa un desafío en la eficiencia reproductiva en los hatos caprinos. Estos animales no solo hacen frente a la problemática de la estacionalidad reproductiva, sino también tienen que enfrentar otros factores que acentúan más dicha problemática, entre estos factores se menciona las sequías prolongadas o el exceso de lluvia como consecuencia del cambio climático, el estrés social o la experiencia sexual (Kannan y Kouakou, 2003; Gelez y Fabre-Nys, 2004; IPCC, 2014). Sin embargo, actualmente se han desarrollado alternativas que contribuyen a disminuir los efectos adversos de la estacionalidad reproductiva, una de ellas es la utilización de machos sexualmente activos sometidos previamente a un tratamiento fotoperiódico y su exposición a las hembras en anestro estacional mediante la técnica de bio-estimulación sexual conocida como efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2002, 2009). Por ello, el presente trabajo se llevó a cabo para investigar si las hembras caprinas sin experiencia sexual anéstricas en aislamiento social son capaces de estimular su actividad sexual durante el primer contacto con el macho cabrío fotoestimulado.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

El fotoperiodo es el principal factor medioambiental que regula la actividad sexual en los caprinos, así como en algunas otras especies de animales estacionales. El fotoperiodo lo utilizan los pequeños rumiantes para sincronizar su actividad sexual (Chemineau *et al.*, 1995; Delgadillo *et al.*, 2008). Los mamíferos poseen un mecanismo sensitivo que les ayuda a diferenciar la duración del día y de la noche a través de estímulos luminosos (Wehr, 1997). En los caprinos los días cortos estimulan la actividad sexual mientras que los días largos la inhiben. Estos animales tienen un ritmo endógeno de reproducción de un año, el cual es sincronizado por las variaciones del fotoperiodo (Malpaux *et al.*, 1989). Este ritmo se presenta como un mecanismo de fotorrefractoriedad que indica que en aquellos animales que presentan estacionalidad reproductiva si son expuestos al fotoperiodo de días largos o días cortos dicha exposición dará como resultado la actividad o la inactividad reproductiva (Lincoln *et al.*, 2005). Para que pueda llevarse a cabo el efecto del fotoperiodo se debe de cumplir con tres puntos importantes, el primero debe existir un fotorreceptor, donde la función de éste es captar la luz y de un reloj biológico que distingue los días largos de los días cortos. El fotorreceptor es el ojo, que es el principal órgano que recibe los cambios de la intensidad lumínica a través del nervio óptico, el cual está provisto de células ganglionares que a su vez están compuestas por ftopigmentos llamados melanopsina. El segundo punto es que debe tener una ruta neural la cual va a enlazar el reloj biológico con el sistema endocrino y, finalmente el tercero es el sistema endocrino que se encarga de la secreción de las gonadotrofinas y el desarrollo gonadal (Panda *et al.*, 2005).

En los pequeños rumiantes la información fotoperiódica se da a través de los mismos impulsos luminosos que son captados por la retina del ojo. Una vez que el impulso luminoso es captado se transforma en una señal eléctrica, esta información es transmitida a través del tracto retino-hipotalámico hasta llegar al núcleo supraquiasmático (NQS) y posteriormente se transfiere al núcleo paraventricular (NPV) del hipotálamo (Chemineau, 1990). Posteriormente llega al

ganglio cervical superior, donde el núcleo paraventricular actuará entre el núcleo supraquiasmático y la glándula pineal para ejercer una estimulación tónica cuando se presente la oscuridad. Dicha estimulación es inhibida cuando aumenta la cantidad de horas luz ya que da inicio a la liberación del ácido gamma-amino butírico (GABA) mismo que es secretado por el núcleo supraquiasmático. Cuando el GABA empieza a disminuir, envía una señal al ganglio cervical superior (GCS) para que ocurra la liberación de norepinefrina (NE), donde llega a la glándula pineal, principalmente a los receptores adrenérgicos  $\alpha_1$  y  $\beta_1$  provocando de esta manera un aumento del adenosín-monofosfato cíclico (AMPc) (Karsh *et al.*, 1984; Hazlerigg y Simonneaux, 2015). Una vez que la NE llega a los receptores adrenérgicos  $\alpha_1$  y  $\beta_1$ , induce el incremento del AMPc y  $\text{Ca}^{+2}$  dentro de los pinealocitos, y estos a su vez estimulan la proteína kinasa A (PKA) siendo un evento celular que conduce a la síntesis de melatonina. La síntesis de melatonina, hormona producida en la glándula pineal (Figura 1), se inicia a partir del aminoácido triptófano el cual es tomado de la dieta y es metabolizado en 5-hidroxitriptófano (5HTP) por la enzima triptófano hidroxilasa (TPOH) para ser convertido en serotonina (5HT) con el aminoácido aromático descarboxilasa (AAAD). Posteriormente la 5HT es acetilado por la aril alquilamina N-acetiltransferasa (AA-NAT) en N-acetil serotonina (NAS) y finalmente el NAS es convertido en 5-metoxi-N-acetilriptamina (melatonina) por hidroxilindol-O-metiltransferasa (Hazlerigg y Simonneaux, 2015). La secreción de la melatonina depende de la duración del fotoperiodo (Ravault, 1999).



**Figura 1.** Tracto fotoneuroendocrino y modificaciones en la síntesis y secreción de melatonina en reproductores de días largos (verano) y reproductores de días cortos (invierno) (Tomado de Bustos y Torres, 2012).

### 3.1. Regulación neuroendocrina de la estacionalidad reproductiva

Para que se pueda llevar a cabo la regulación de la estacionalidad reproductiva, la melatonina actúa en el área premamilar del hipotálamo, de esta manera estimula la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y esta hormona a su vez estimula la secreción de la hormona luteinizante (LH) y de la hormona foliculo estimulante (FSH) (Malpoux *et al.*, 1999). La cantidad de horas luz son las que sensibilizan al eje hipotálamo-hipófisis-gónadas a través de un mecanismo de retroalimentación negativa, controlando los procesos neuroendocrinos durante la actividad reproductiva y en reposo sexual en los caprinos y ovinos (Pelletier y Ortavant, 1975; Delgadillo *et al.*, 2004). Cuando la melatonina se secreta durante la noche es vertida al tercer ventrículo cerebral

donde alcanza un nivel medio de  $1497 \pm 216$  pg/ml en el líquido cefalorraquídeo y, una vez que se incrementa la cantidad de luz percibida por el animal, éste deja de secretar la melatonina dando una concentración media de  $71 \pm 8$  pg/ml en el tercer ventrículo cerebral. Además, está reportado que los niveles de melatonina en plasma sanguíneo registran un valor de  $117 \pm 15$  pg/ml durante la oscuridad y un valor de  $8 \pm 2$  pg/ml durante la luz (Skinner y Herbison, 1997). En el ganado ovino y caprino los niveles de melatonina durante el día son muy bajos  $<10$  pg/ml, mientras que en la noche los niveles plasmáticos se elevan a más de 100 pg/ml (Chemineau *et al.*, 1992). Por ejemplo, en el inicio de la pubertad se incrementa la frecuencia y la amplitud de la GnRH provocando así la liberación de la LH, y ésta provoca el aumento de la secreción de estradiol al ovario para llegar finalmente a la ovulación (Foster, 1994). La secreción de la melatonina en los días cortos puede ser interpretada como una señal en la que puede inducir o suprimir la actividad reproductiva dependiendo de las especies creando un efecto de retroalimentación negativa donde el estradiol disminuye su secreción (Malpoux *at al.*, 1999). En aquellos animales que presentan gestación de duración larga, como en los camellos que es 13 a 14 meses la melatonina actúa disminuyendo su actividad reproductiva (Brown, 2000). En cambio, en los ovinos y en los caprinos donde la gestación es de corta duración, (5 meses) la melatonina actúa como un inductor en su reproducción ya que las horas luz del día son menos en los días cortos (Chemineau *et al.*, 1992).

### **3.2. Estacionalidad reproductiva**

La estacionalidad reproductiva es un proceso fisiológico que algunas especies de animales lo han adaptado con la principal finalidad de contrarrestar los cambios climáticos y, de esta manera garantizar que las pariciones se lleven en condiciones favorables para el desarrollo de las crías (Setchell, 1992). De esta manera los nacimientos ocurrirán en las temporadas del año donde hay más abundancia de pastos y la temperatura es más confortable (Barrell *et al.*, 1992).

Aunque la domesticación en los animales ha causado la pérdida de la estacionalidad reproductiva en algunas especies como en los bovinos. En cambio, los ovinos, los caprinos y los equinos siguen conservando dicho proceso fisiológico (Setchell, 1992; Malpaux *et al.*, 1999). En los ovinos y caprinos los días largos sincronizan el anestro estacional mientras que los días cortos inician la actividad sexual (Malpaux *et al.*, 1989). Sin embargo, en las regiones tropicales en donde la variación del fotoperiodo es muy poca, los animales se reproducen casi todo el año, la disminución en la actividad sexual en los animales en estas zonas se debe principalmente a problemas nutricionales (Zarazaga *et al.*, 2005). En los caprinos y ovinos la actividad reproductiva presenta dos estaciones, la primera estación es la que se presenta en los días largos que se conoce como anestro estacional o reposo sexual que se refiere a un estado de inactividad sexual y se presenta en ambos sexos. Las principales características del reposo sexual que se presenta en los machos es la disminución de la libido y de la espermatogénesis, mientras que en la hembra no presenta ciclos estrales regulares, no hay receptividad sexual y no hay ovulaciones, esto es, anestro estacional. La segunda estación se presenta en los días cortos, que también se le conoce como época de reproducción o estación reproductiva, ésta se caracteriza principalmente porque en el macho se incrementa la libido y la espermatogénesis y en la hembra se presenta los ciclos estrales y las ovulaciones (Hafez, 1952; Malpaux *et al.*, 1997; Delgadillo *et al.*, 2002).

### **3.3. Relaciones socio-sexuales**

Las interacciones socio-sexuales que manifiestan las diferentes especies de animales influyen en su actividad sexual (Rekwot, 2001). Las relaciones socio-sexuales son características de algunas especies domésticas como la hembra caprina, la oveja y la cerda quienes modifican su comportamiento sexual (Hemsworth, 1982; Delgadillo *et al.*, 2009). La presencia y las interacciones con otros individuos influyen en el comportamiento sexual y reproductivo de los

animales domésticos (Ungerfeld, 2007). Mediante las relaciones socio-sexuales se activan diferentes vías sensoriales como las visuales, táctiles, auditivas y olfativas. Estas señales influyen en algunos de los eventos reproductivos en las hembras como en el estro y en la ovulación (Vielma *et al.*, 2009; Bedos *et al.*, 2014; Delgadillo *et al.*, 2014;). La respuesta sexual en la hembra depende de la intensidad de las señales sensoriales que emite el macho y la alta respuesta en la hembra se presenta cuando todas esas señales sensoriales actúan en conjunto (Knight y Lynch, 1980; Perkins *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 2002).

#### **3.4. Señales visuales**

Las señales visuales se utilizan en la selección de la potencial pareja sexual (Fletcher *et al.*, 1968). Tate *et al.* (2006) demostraron que las ovejas utilizan información visual para diferenciar entre sus congéneres familiares y los que no lo son, de igual manera les ayuda para identificar los rostros previamente conocidos, para distinguir diferencias entre machos y hembras, para identificar la presencia o la ausencia de cuernos, así como para identificar animales estresados. En los caprinos, los machos utilizan la vista para distinguir las montas entre hembras (Shearer y Katz, 2006). En porcinos, Signoret *et al* (1974) observaron que la cerda utiliza las señales visuales para identificar al verraco, donde la hembra permanece inmóvil para que éste la monte.

#### **3.5. Señales auditivas**

Los animales hacen uso de las vocalizaciones para comunicarse entre sí, por ejemplo, para reconocer a sus crías, en la defensa contra depredadores y por competencia sexual. Algunos tonos acústicos que emiten los mamíferos durante las vocalizaciones se utilizan como un mecanismo de atracción en su probable pareja, una característica de las vocalizaciones es que presentan diferentes

tonos con variaciones en la intensidad de su frecuencia (Taylor, 2010). Por ejemplo, las vocalizaciones emitidas por algunos mamíferos, como los porcinos, inducen inmovilización y estimulan a la hembra para facilitar la monta (Signoret *et al.*, 1974). Similarmente, en los caprinos las vocalizaciones se incrementan en la época reproductiva (Fabre-Nys, 2000). Las vocalizaciones emitidas por machos cabríos es una de las señales sensoriales que estimulan la actividad sexual en hembras anéstricas, induciendo la ovulación (Delgadillo *et al.*, 2008).

### **3.6. Señales olfatorias**

En algunas especies las señales olfatorias juegan un papel en las interacciones sociales, estas señales pueden ser emitidas a través de la orina, las heces, la saliva y en las secreciones de las glándulas cutáneas que son diseminadas al medio ambiente. Estas señales las emite un individuo para que otro de la misma especie las pueda detectar a través del sistema olfatorio principal y por el sistema olfatorio accesorio vomeronasal (Cohen-Tannoudji *et al.*, 1986; Castañeda *et al.*, 2007). Los mamíferos pueden detectar un gran número de sustancias odoríferas que son liberadas por los animales produciendo una respuesta particular en los miembros de la misma especie (Novotny, 2003). En los caprinos y ovinos el olor que emite el macho estimula la secreción de LH y en consecuencia induce la ovulación (Knight y Lynch, 1980). El olor producido por los machos cabríos proviene de las glándulas sebáceas que se encuentran en la región de la cabeza y en el cuello (Hillbrick *et al.*, 1995). En un estudio realizado por Knight y Lynch (1980) demostraron que el olor de la lana del carnero indujo la ovulación en las ovejas, ello con ayuda de máscaras donde colocaron trozos de lana que fueron puestas sobre la nariz de las ovejas anovulatorias dando como resultado un incremento en la secreción de la LH y FSH, además de un incremento del tamaño de los folículos ováricos. Lo mismo ocurrió en los caprinos cuando se les colocó mechones de pelo del macho sobre la nariz ya que se registró un incremento en la LH (Claus *et al.*, 1990).

### **3.7. Señales táctiles**

El contacto táctil del macho con la hembra es importante ya que participa en la respuesta sexual (Chemineau, 1987). Por ejemplo, las hembras caprinas separadas físicamente muestran un porcentaje mas bajo de ovulaciones (15%) en comparacion con aquellas que tienen contacto táctil con el macho que ovulan en un 88% (Chemineau,1987). Similarmente, Shelton (1980) demostró que más cabras ovulan (69%) cuando estan en contacto total con los machos cabríos comparadas con las hembras separadas totalmente de machos.(41%)

### **3.8. Efecto macho**

El efecto macho es un estímulo socio-sexual que se presenta cuando se introduce un macho repentinamente a un grupo de hembras durante el periodo de inactividad sexual o anestro con la finalidad de inducir la actividad sexual en aquellas hembras (Walkden-Brown, 1994; Delgadillo *et al.*, 2006). Durante el efecto macho se utilizan machos sexualmente activos o machos fotoestimulados, estos machos muestran intensa actividad sexual con la finalidad de inducir alta respuesta sexual en las hembras durante el periodo de anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2002, 2006).

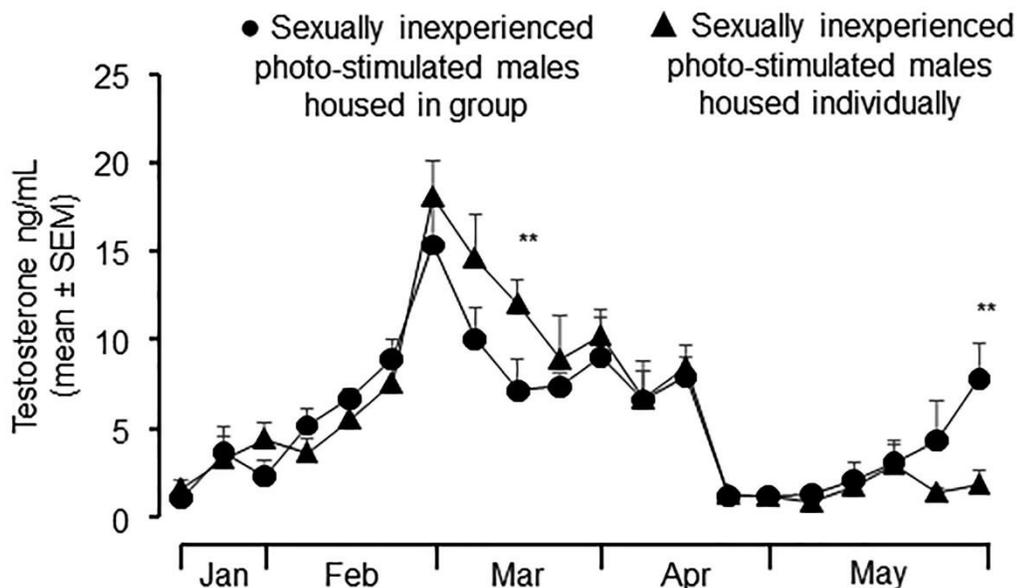
### **3.9. Machos cabríos sometidos a tratamiento fotoperiódico**

La estacionalidad reproductiva en los machos cabríos puede ser modificada mediante la aplicación de un tratamiento de días largos artificiales. Este tratamiento fotoperiódico consiste en someter a los machos a días largos, esto es, 16 h luz y 8 h de oscuridad por día durante 2.5 meses iniciando el 1 de noviembre y finalizando al 15 de enero, posteriormente los machos reciben el

fotoperiodo natural, previo a la introducción de los machos con las hembras caprinas en anestro estacional (Delgadillo *et al.*, 2002).

En condiciones artificiales, es factible modificar las horas luz diurna ya que los días largos inhiben la actividad sexual y los días cortos la estimulan, como se dijo anteriormente. Sin embargo, no existe un tratamiento fotoperiódico que asegure efectos permanentes en la actividad sexual de aquellos animales que están regulados por el fotoperiodo. Los corrales donde se alojan los machos son equipados con lámparas fluorescentes, donde la intensidad luminosa en toda el área del corral es de al menos 300 lux a la altura de los ojos de los machos. Este tratamiento de luz adicional y posteriormente la percepción del fotoperiodo natural provoca un incremento en la secreción de testosterona, en el comportamiento sexual, en la circunferencia testicular y en el olor de los machos en los meses de marzo y abril, mismos que son parte del reposo sexual (Delgadillo *et al.*, 2002; Fernández *et al.*, 2020).

En un estudio realizado por Fernández *et al.* (2020), con la finalidad de determinar las concentraciones de testosterona plasmática en machos cabríos sin experiencia sexual posterior a la aplicación de un tratamiento de fotoperiodo artificial el cual finalizó el 15 de enero, los resultados indicaron que las concentraciones de testosterona plasmática no difirieron significativamente entre los machos sin experiencia sexual alojados en corral individual o los alojados en grupo durante el contacto con las hembras anéstricas (del 26 de marzo al 10 de abril). El muestro de testosterona plasmática inició el 16 de enero y finalizó el 30 de mayo cuando concluyó el estudio (Figura 2).



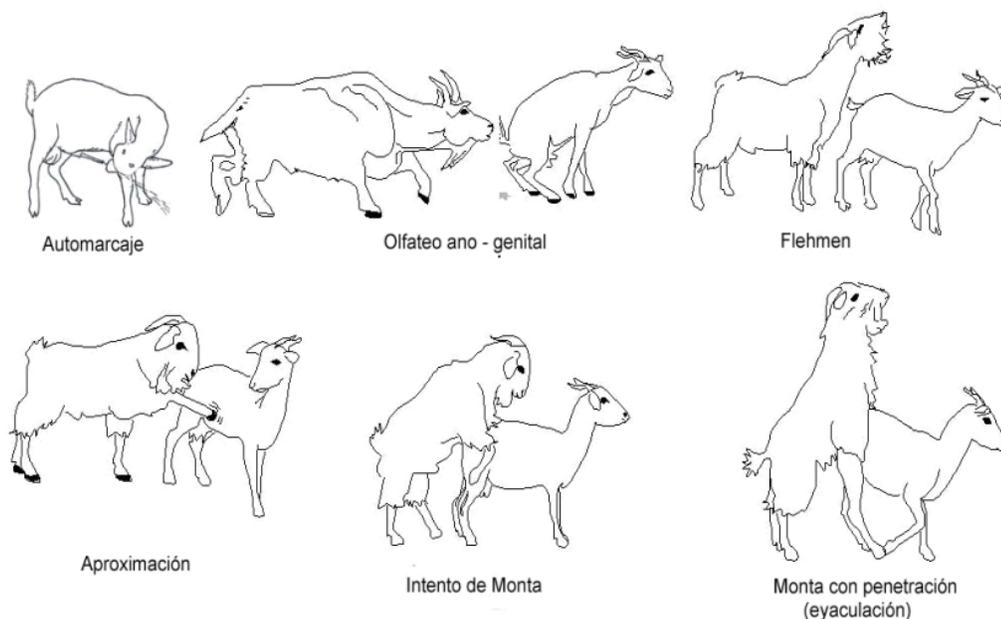
**Figura 2.** Concentración de testosterona plasmática en machos sin experiencia sexual fotoestimulados alojados como grupo (●) y machos sin experiencia sexual fotoestimulados alojados individualmente (▲). Los machos fueron sometidos a un tratamiento de días largos artificiales (16 h de luz y 8 h de oscuridad) del 1 de noviembre al 15 de enero. Posteriormente, los machos recibieron el fotoperiodo natural. La interacción del grupo de machos tratamiento × semana de medición difirió significativamente entre los dos grupos de machos (Fernández *et al.*, 2020).

### 3.10. Comportamiento sexual de machos cabríos

El comportamiento sexual que exhiben los machos en diferentes especies es muy diverso, por ejemplo, en el cortejo cada especie tiene un estilo único para atraer a la hembra; aunque comparten ciertas similitudes que son esenciales en dichas especies, como la monta con penetración, los movimientos pélvicos y la eyaculación, estos eventos son indispensables para que se lleve a cabo el apareamiento (Sachs, 1976). En la expresión del comportamiento sexual se distinguen dos fases: la primera es la pre-copulatoria o apetitiva, en esta etapa se desarrolla la motivación sexual entre sexos opuestos y, la segunda, es la consumatoria, es decir, es cuando se logra la copulación (Fabre-Nys, 2000).

En los machos cabríos el comportamiento sexual se expresa a través de conductas sexuales como las aproximaciones, los olfateos ano-genitales, los intentos de monta, las montas con penetración, el automarraje y el flehmen, (Price, 1986; Fabre-Nys, 2000; Bedos *et al.*, 2016).

Durante la fase apetitiva el macho se coloca en una postura en donde extiende el cuello junto con la cabeza con la finalidad de buscar una hembra receptiva, posteriormente hace uso del olfato donde el macho se acerca a la hembra para olfatear el área ano-genital (Fabre-Nys, 2000). Posteriormente es seguido por el reflejo *flehmen*, el cual es una conducta que se da cuando el macho dirige su cabeza hacia atrás, después curva su labio superior y con ayuda de su lengua lo dirige hacia arriba hasta acción se puede observar en diferentes especies, como lo son los bovinos, los caprinos, los equinos y los ovinos. Este reflejo se presenta cuando el macho introduce orina y algunas secreciones en la boca y estas son recibidas por las neuronas del órgano vomeronasal (Castañeda *et al.*, 2007). Posteriormente, se presenta el automarraje, el macho adopta una postura donde arquea el lomo, voltea la boca en dirección a su pene y se rocía su barba con su orina. Si la hembra acepta las aproximaciones del macho, se estaría presentando la siguiente fase, que es la fase consumatoria, donde el macho da suaves golpeteos a la hembra con la cabeza y con los flancos anteriores. El macho puede emitir algunos balidos con una emisión sonora corta y baja realizando intentos de monta varias veces hasta que se presente la monta con el desenvaine del pene y la intromisión del pene, la ejecución de los movimientos pélvicos y finalmente se da la eyaculación. La principal característica de la eyaculación es que se da de una manera brusca y a esta acción se le conoce como golpe de riñón (Fabre-Nys, 2000). En la Figura 3 se ilustra, el comportamiento sexual del macho cabrío, al estar con la hembra.

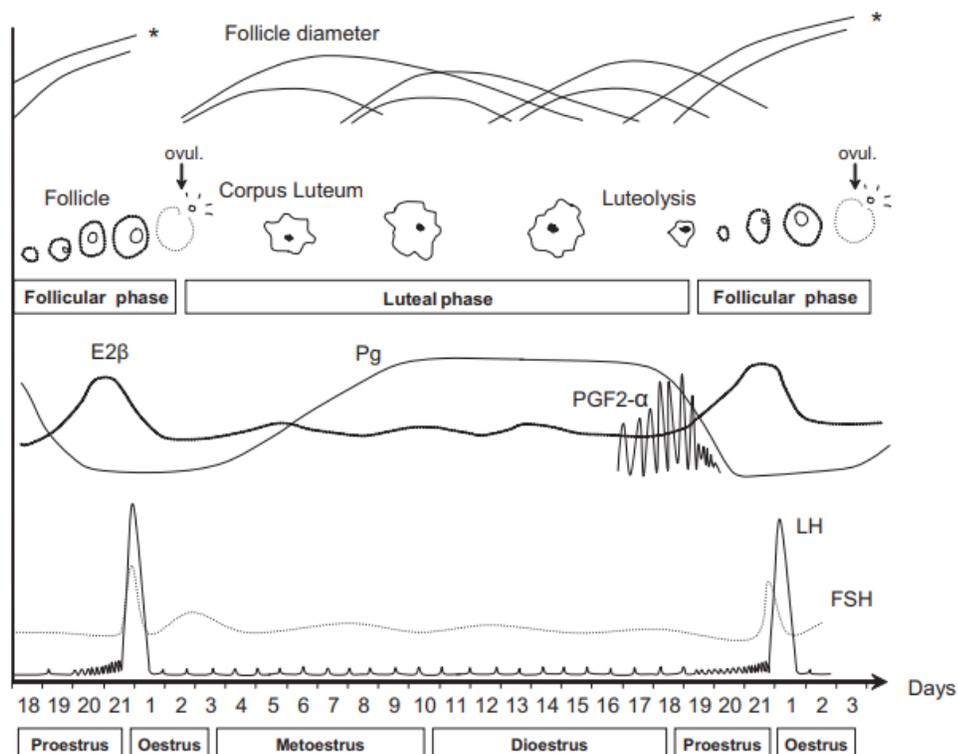


**Figura 3.** Comportamiento sexual del macho cabrío (Adaptado de Price *et al.*, 1986 y Fabre-Nys, 2000).

### 3.11. Ciclo estral en la cabra

Un ciclo estral es el tiempo donde ocurren varias fases entre la presentación de un celo y el siguiente presentándose diversos eventos morfo-fisiológicos (Gibbons *et al.*, 1993). En la hembra caprina el ciclo estral tiene una duración de 19 a 21 días, comprende dos fases, la fase folicular y la fase lútea. En el ciclo estral ocurren cambios morfológicos y fisiológicos en el tracto reproductivo, así como cambios conductuales (Billings y Katz, 1997). Las etapas del ciclo estral son el proestro, estro, metaestro y diestro (Rivera, 2012). El proestro se inicia por la lisis del cuerpo lúteo del ciclo estral anterior provocado por los niveles plasmáticos de progesterona que son bajos y por la acción de las prostaglandinas uterinas. Esto va a permitir que aumenten los pulsos LH y FSH, por lo tanto, estas gonadotropinas hipofisarias van a estimular el crecimiento del folículo preovulatorio. En el ovario pueden desarrollarse varios folículos (foliculogénesis) pero solo uno de esos folículos será el dominante y ovulará. El folículo dominante es estimulado por la FSH (Lamb *et al.*, 2009).

El celo o estro en la hembra caprina manifiesta una serie de conductas que estimulan al macho (Billings y Katz,1997) y tiene una duración de entre 24 a 36 h. El estro se caracteriza principalmente por el comportamiento sexual y por signos externos como son la vulva edematizada (enrojecimiento) con descargas de moco viscoso, movimientos laterales de la cola y montas entre las hembras (Baril *et al.*, 1993). El metaestro se presenta cuando ha finalizado la etapa de receptividad sexual que comprende la fase en que se forma el cuerpo lúteo después de la ovulación. Cuando el folículo de Graff se transforma en un cuerpo hemorrágico causado por la secreción preovulatoria de la LH, las células de la granulosa se transforman en células luteínicas, cuya principal función es la de producir progesterona (Billings y Katz,1997). El diestro, la fase más larga, que se caracteriza principalmente por la secreción de progesterona, la cual es sintetizada por el cuerpo lúteo, los valores de esta hormona se incrementan en los días 4-5 con una concentración de 12 ng/ml en la hembra caprina. Estos valores se mantienen hasta que inicie una nueva luteólisis (Delgadillo, 2005). Si se presenta la preñez, dicha etapa durará a lo largo de la gestación o en caso contrario si no hay preñez, el cuerpo lúteo se destruye para dar lugar el crecimiento de nuevos folículos (Rivera, 2012). La Figura 4 muestra los diferentes estadios que ocurren en el ciclo estral en la cabra.



**Figura 4.** Representación esquemática de los diferentes eventos fisiológicos que ocurren durante el ciclo estral en cabras: patrón de desarrollo folicular, ciclo ovárico y regulaciones endocrinas (Adaptado de Fatet *et al.*, 2011).

### 3.12. Ejes hipotálamo-pituitaria-adrenales (HPA) e hipotálamo-pituitaria-gónadas (HPG)

#### 3.13.1 Eje hipotálamo-pituitaria-adrenales

El eje HPA comprende tres glándulas endocrinas: el hipotálamo, la pituitaria anterior y las glándulas adrenales. La hipófisis o pituitaria, es una pequeña glándula situada en la silla turca del esfenoides. La hipófisis está unida al hipotálamo mediante el tallo hipofisiario. La pituitaria se divide en dos partes: la pituitaria anterior y la pituitaria posterior. La pituitaria anterior secreta seis hormonas peptídicas y la pituitaria posterior secreta dos hormonas peptídicas. Una de las hormonas de la pituitaria anterior es la corticotropina que controla la secreción de algunas hormonas corticosuprarrenales, además participa en el

metabolismo de la glucosa, las proteínas y los lípidos, y en la secreción de las dos hormonas gonadotrópicas, la FSH y LH. Como parte del sistema neuroendocrino, la función de las interacciones entre el hipotálamo, la pituitaria anterior y las glándulas adrenales es participar en el control de la respuesta conductual y fisiológica durante el estrés. El factor liberador de la corticotropina (CRF) es secretado en el núcleo paraventricular (PVN) del hipotálamo en respuesta al estrés. El factor liberador de la corticotropina, además de ser hormona peptídica, es un neurotransmisor que estimula la síntesis y secreción de la hormona adrenocorticotropa (ACTH) en la pituitaria anterior. La función de la hormona adrenocorticotropa es estimular la secreción de glucocorticoides en las células de la corteza adrenal. El cortisol es una hormona que es secretada en respuesta al estrés, así como cuando disminuye la concentración de glucosa plasmática (Tsigos y Chrousos, 2002).

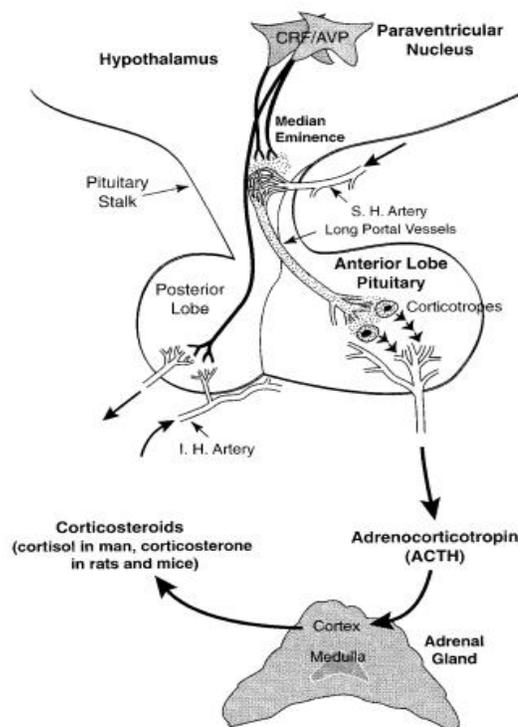
Las glándulas suprarrenales se encuentran ubicadas en la parte superior de cada riñón, son órganos de tamaño muy pequeño con un peso entre los 8 y 10 gr que cumplen una importante función ante la respuesta a estresores, secretando corticoides principalmente el cortisol en la corteza suprarrenal y catecolaminas como la adrenalina en la médula suprarrenal al torrente sanguíneo (Vélez *et al.*, 2019). La corteza suprarrenal es la parte externa de la glándula y ocupa el 90% del tejido glandular, su función se da mediante el sistema nervioso central a través del hipotálamo, cuando se presenta estrés (Cigolani, 2000). La médula suprarrenal corresponde a la parte interna y ocupa el 10 % del tejido glandular (Vélez *et al.*, 2019). En dicha área se sintetiza principalmente adrenalina y noradrenalina, estas hormonas son liberadas a través de impulsos provenientes del sistema nervioso simpático, cuando se presenta algún tipo de estrés. La noradrenalina tiene la función de mantener el tono vasomotor y la presión arterial, mientras que la adrenalina es la hormona que prepara al cuerpo en la reacción de lucha o huida y se incrementa durante la respiración y la frecuencia cardíaca (Cigolani, 2000). En las glándulas adrenales, la corteza se divide en tres zonas: glomerular, fascicular y reticular. La zona fascicular representa la mayor parte de

la corteza. La zona glomerular se compone de pequeñas células ordenadas en grupos ovoides, la cual se caracteriza por producir mineralocorticoides; la zona fascicular está compuesta por cordones o columnas celulares en disposición radial que suelen tener un espesor de dos células y que se encarga de producir glucocorticoides y andrógenos junto con la zona reticular. La zona reticular se compone de una red de cordones celulares y al igual que en la zona fascicular está separado por capilares (Vélez *et al.*, 2019).

El eje hipotálamo–hipofisario–adrenal en estado normal es regulado por un ritmo diurno de esteroidogénesis y por un mecanismo de retroalimentación negativa por los glucocorticoides. En el ritmo diurno hay dos picos, uno que se presenta en las primeras horas del día y un segundo pico que se presenta por la tarde, este ritmo depende de las diferentes conexiones neuronales que existen y son sensibles a los cambios en la luz. Es en el núcleo paraventricular donde se integra la información proveniente de diversas áreas del sistema nervioso central generando señales excitatorias o inhibitorias en la corteza adrenal y en la glándula pituitaria (Hibberd *et al.*, 2000).

Pacák y Palkovits (2001) definen al estrés como un estado de alteración homeostática generando en el organismo una respuesta con la finalidad de restaurar la homeostasis. Las respuestas finalmente efectuadas reflejan la activación de circuitos específicos constituidos genéticamente en el individuo y modulados constantemente por el medio ambiente (Lupien *et al.*, 2007). Los diferentes estresores provocan que el cuerpo se adapte a las nuevas situaciones y lo prepara para enfrentarlas. El responsable de realizar estos cambios en el cuerpo es el eje hipotálamo–hipófisis–adrenales, que es controlado por el sistema nervioso central por medio del núcleo paraventricular del hipotálamo, el cual sintetiza la hormona liberadora de corticotropina (CRH), que es liberada por las terminaciones nerviosas en la eminencia media y de esa manera pueda ingresar a la circulación sanguínea portal y ser transportada al lóbulo anterior de la hipófisis. En esta área se estimula la ACTH (Joseph-Bravo y Gortari, 2007), en las células corticotropas, donde la ACTH viaja por el torrente sanguíneo (Zárate,

2014). La ACTH actúa en la zona fascicular estimulando la secreción de cortisol, cuando se eleva el cortisol en el plasma sanguíneo inhibe su secreción a través de una retroalimentación negativa sobre la síntesis hipotalámica de la hormona liberadora de corticotropina y en la hormona adrenocorticotrópica hipofisaria (Arafah, 2006). En la Figura 5 se aprecia el eje hipotalámico-pituitario- adrenales.

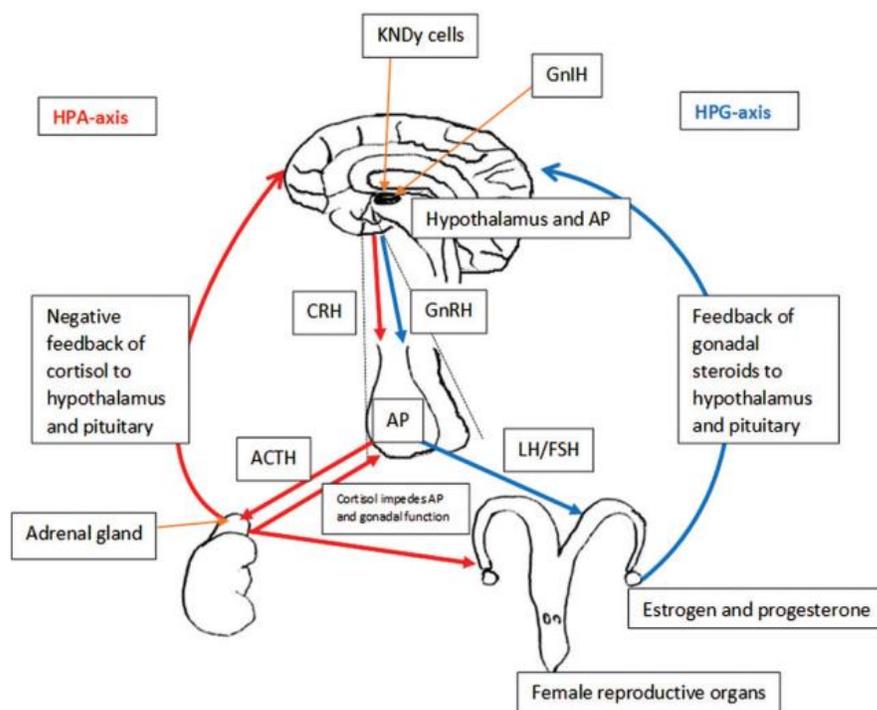


**Figura 5.** Anatomía funcional del eje hipotálamo-pituitaria- adrenales (Turnbull y Rivier,1999).

### 3.13.2 Eje hipotálamo-pituitaria-gónadas

El eje HPG controla la función reproductiva en los animales, las tres estructuras que comprenden el eje HPG son: el hipotálamo, la pituitaria anterior y las gónadas (Hunter *et al.*, 2004). En la hembra el eje HPG regula el ciclo estral y prepara al folículo para la ovulación. La hormona liberadora de gonadotropinas es sintetizada en las neuronas localizadas en el hipotálamo y es responsable de

iniciar la síntesis y secreción de la LH y FSH. La síntesis y secreción de la FSH y LH están mediadas por la amplitud y frecuencia de los pulsos de la GnRH. De acuerdo a lo anteriormente expuesto, los ejes HPA e HPG son estructuras paralelas que muestran reacciones en cascada, las mismas que se inician en el cerebro y terminan en el hipotálamo (Figura 6). Los productos de los dos ejes son: cortisol, estrógenos y progesterona que regulan los procesos bioquímicos induciendo un proceso de retroalimentación negativa en el hipotálamo y en la pituitaria anterior. La Figura 6, muestra el sistema nervioso central el cual incluye el hipotálamo, la glándula pituitaria anterior, las gónadas y las glándulas adrenales.



**Figura 6.** Diagrama del eje hipotálamo-hipófisis-adrenales (HPA) y del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (HPG). El estrógeno y la progesterona confieren una retroalimentación positiva/negativa al hipotálamo para regular el eje HPG. El cortisol confiere retroalimentación negativa en el hipotálamo para regular el eje HPA. El cortisol actúa a nivel de la hipófisis anterior (P = pituitaria) y en los órganos reproductores para impedir la función reproductora. Las neuronas kisspeptina (KNDy) son secretadas para regular la síntesis de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) en el hipotálamo (Adaptado de Narayan y Parisella, 2017).

### **3.13. El estrés en los animales domésticos**

El estrés es la incapacidad del animal para hacer frente al medio ambiente que lo rodea, alterando su potencial genético influyendo negativamente en la tasa de crecimiento y en la fertilidad, entre otras consecuencias (Dobson y Smith, 2000). Algunos factores estresantes en los animales son el frío, el calor, cambios de corral, prácticas de manejo, sobrepoblación en el corral, y separación de su grupo social. En el presente estudio se describen tres tipos de estrés: el estrés agudo, el estrés crónico y el estrés social. El estrés agudo es aquel que se observa cuando el animal logra una rápida recuperación de su homeostasis; el estrés crónico se presenta cuando el animal no logra una recuperación del equilibrio interno con el medio ambiente (Narayan y Parisella, 2017). Además, el estrés crónico suprime la respuesta inmunitaria, incrementa la susceptibilidad a las enfermedades y altera los parámetros reproductivos (Wagenmaker, 2010). El estrés social es el que se presenta en aquellas especies que son consideradas como animales sociales, donde el aislamiento social o la separación de su grupo social es un factor altamente estresante que induce el incremento de cortisol (Kannan *et al.*, 2002; Cacioppo *et al.*, 2011). Por ejemplo, en especies sociales como los porcinos y los bovinos, el aislamiento social incrementa los niveles de cortisol (Creel y Albright, 1988; Kanitz *et al.*, 2009). En este sentido, los animales que son mantenidos en grupo social tienen mayor probabilidad de éxito reproductivo comparado con los animales que son alojados de manera individual (Hawkley *et al.*, 2012).

### **3.14. Experiencia sexual en hembras caprinas y ovinas**

En las hembras caprinas y ovinas, la experiencia sexual se adquiere a través de las relaciones socio-sexuales como la monta con intromisión, el cortejo, el contacto directo con el macho, etc. (Gelez *et al.*, 2004; Fernández *et al.*, 2021). Entonces, una hembra experimentada sexualmente es aquella que ha tenido

contacto socio-sexual con el sexo opuesto en más de una ocasión. En las ovejas, la falta de experiencia sexual disminuye la respuesta estral y la ovulación cuando dichas hembras son expuestas al carnero por primera vez (Murtagh *et al.*, 1984; Gelez *et al.*, 2004). Asimismo, las ovejas sin experiencia sexual son menos proceptivas, esto es, expresan menos conductas socio-sexuales al macho. Además, las ovejas sin experiencia sexual son renuentes a la aceptar la monta por el carnero comparadas con aquellas hembras con experiencia sexual que han sido montadas y servidas varias veces por el carnero, esto es, las hembras sin experiencia sexual son menos receptivas (Gelez *et al.*, 2004; Hawken *et al.*, 2008). Por ejemplo, las ovejas sin experiencia sexual expresan menos comportamiento estral (62%) comparadas con las hembras con experiencia sexual (100%; Gelez *et al.*, 2004).

### **3.15. Comportamiento social en grupo de animales domésticos**

Los animales expresan diversos comportamientos o conductas que contribuyen a su sobrevivencia y/o reproducción. Algunas de las principales especies domésticas, como los caprinos, ovinos, cerdos y bovinos, viven en grupo y establecen relaciones sociales entre ellos, formando una sociedad. A estos animales se conocen como animales sociales. El comportamiento social son las interacciones entre dos o más individuos en un grupo que modifica las actividades conductuales de ese grupo (Fraser y Broom, 1990). El grupo social es parte de un complejo y dinámico ambiente en el individuo donde participan diversas estrategias para su sobrevivencia y mantener su viabilidad en el grupo (Mendl y Deag, 1995; Mendl y Held, 2001). El comportamiento social tiene como propósito participar en la cohesión grupal y en la integración ecológica proporcionando algunas ventajas como la protección contra predadores, acceso a una pareja sexual, consumo eficiente del forraje, entre otros (Fraser y Broom 1990).

### **3.16. Comportamiento en hembras gregarias en diferentes especies**

El comportamiento sexual está conformado por un conjunto de actos, ritmos y cortejos que manifiestan las hembras y los machos para que pueda llevarse a cabo el apareamiento con la finalidad de conservar la especie, siendo cada uno de estos eventos controlados por factores externos e internos (Price, 1985; Senger, 2012). En las hembras el comportamiento sexual esta expresado por la atractividad, la proceptividad y receptividad (Beach, 1976). En la fase de atractividad es cuando la hembra expresa conductas sexuales o emite compuestos químicos para atraer al macho, por ejemplo, a través de feromonas. en algunas especies de mamíferos, Son aquellas cualidades que reúne una hembra y que la hace diferente a otras hembras en un momento dado, de esta manera la hembra es más atractiva para el macho (Ungerfeld, 2002). La proceptividad es la fase en la que la hembra realiza acciones para incitar o estimular más al macho y establecer o mantener una interacción física (Beach, 1976). Esta conducta se caracteriza principalmente por que la hembra busca al macho (conducta heterosexual), y en caso de que la hembra se encuentre solo entre hembras busca a otra hembra y la monta (conducta homosexual) (Katz *et al.*, 1992). La fase de receptividad se presenta cuando la hembra permite la monta con intromisión por el macho (Beach, 1976).

### **3.17. Caprinos (*Capra aegagrus hircus*)**

Los caprinos viven en grupo social, existe una organización que está establecida por las relaciones de dominancia (Kilgur y Dalton,1984). Los caprinos expresan un comportamiento social más reactivo ya que son más agresivos cuando son atacados, esta especie enfrenta a su atacante; además muestran un comportamiento más exploratorio (Kilgur y Dalton, 1984; Miranda-de la Lama y Mattiello, 2010).

### **3.18. Ovinos (*Ovis aries*)**

Los ovinos son animales que viven en compañía, es decir, son muy sociales mostrando comportamientos gregarios que sirve de protección ante situaciones de peligro. Con respecto a su madre y el cordero, éstos forman un lazo social desde el nacimiento hasta que son separados por diversas causas, como en el destete, tanto la edad como el género juegan un rol importante. Cuando el carnero llega a la edad de uno o dos años forma un grupo con machos similares a su edad y exploran más en comparación con las ovejas (Dwyer, 2008).

### **3.19. Bovinos (*Bos taurus*)**

En los bovinos la organización social incluye integración de machos y hembras en el hato, cuando se encuentran ambos géneros. Los animales precoces defienden su grupo, se lamen entre ellos y establecen distancia social mínima, los machos son menos cohesivos que las hembras (Estes, 1974). Se ha observado que los machos jóvenes se reúnen con machos de su misma edad o con machos adultos, mientras que las hembras jóvenes solo se reúnen con hembras adultas (Berteaux y Micol, 1992).

Un estudio previo indica que una de las principales señales sensoriales que utilizan los bovinos para comunicarse entre ellos es la visión, ya que poseen un ángulo de visión de aproximadamente 320° (Entsu *et al.*, 1992). Los bovinos como especie gregaria utilizan la comunicación vocal, mediante las vocalizaciones comunican su frustración o estrés (Kiley, 1972). En los bovinos, la comunicación olfativa es muy importante ya que poseen diferentes glándulas odoríferas como son las interdigitales, las infraorbitales y las sebáceas, entre otras. Las señales olfativas son importantes en el comportamiento social, sexual y materno. Los bovinos utilizan el sistema olfativo principal (bulbos olfativos) y el sistema olfativo secundario (órgano vomeronasal; Albright y Arave, 1997). En los bovinos, la señal sensorial olfativa influye en sus relaciones sociales ya que

contribuye con el reconocimiento individual. Los bovinos comunican su estado psicosocial cuando están asustados o estresados mediante sus feromonas. Además, mediante el contacto táctil comunican sus conductas maternas y sexuales (Boissy *et al.*, 1998).

Por ello, de acuerdo a la revisión de literatura antes descrita el presente trabajo se llevó a cabo para investigar si las hembras caprinas sin experiencia sexual anéstricas en aislamiento social son capaces de estimular su actividad socio-sexual durante el primer contacto con el macho cabrío foto-estimulado.

### **3.21. Aislamiento social en la hembra mamífera**

El aislamiento social es un agente altamente estresante que induce la secreción de cortisol (Hawkley *et al.*, 2012). Una de las consecuencias del aislamiento social en las hembras es la disminución en la actividad ovulatoria, así como, en el comportamiento sexual comparadas con las hembras mantenidas en grupo social (Blanchard *et al.*, 2001). Las hembras que se mantienen en aislamiento social son más proclives a incrementar en cortisol provocando una alteración reproductiva en particular de los ejes hipotálamo-pituitaria-adr enales e hipotálamo-pituitaria-gónadas (Narayan y Parisella, 2017). De hecho, en las especies sociales que se desarrollan en grupo social sienten seguridad y protección de su propio grupo, en cambio un animal individual es más vulnerable al medio ambiente que lo rodea ya que se encuentra solo es presa fácil para los depredadores (Hawkley *et al.*, 2012).

Por ello, de acuerdo a la revisión de literatura antes descrita el presente trabajo se llevó a cabo para investigar si las hembras caprinas anéstricas sin experiencia sexual en aislamiento social son capaces de estimular su actividad socio-sexual durante el primer contacto con el macho cabrío foto-estimulado.

#### **IV. HIPÓTESIS**

Las hembras anéstricas sin experiencia sexual alojadas en grupo muestran mejor respuesta socio-sexual durante el primer contacto con el macho cabrío foto-estimulado, comparadas con las hembras anéstricas sin experiencia sexual alojadas individualmente en corrales.

#### **V. OBJETIVOS**

- i) Determinar si las hembras caprinas anéstricas sin experiencia sexual alojadas en grupo incrementan la respuesta socio-sexual durante el primer contacto con el macho foto-estimulado comparadas con hembras caprinas anéstricas sin experiencia sexual alojadas individualmente
- ii) Determinar si las hembras anéstricas sin experiencia sexual alojadas en grupo incrementan la aparición del estro y la ovulación que las hembras sin experiencia sexual alojadas individualmente, en contacto con machos cabríos foto-estimulados.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en el Ejido Ricardo Flores Magón en el municipio de Torreón, Coahuila de Zaragoza, México. Este municipio forma parte de la Comarca Lagunera misma, que se ubica a una latitud de 26° 37'N y a una altitud de 1100 msnm, el clima predominante es semiárido, la temperatura máxima en primavera puede llegar a los 44.8 °C mientras que la temperatura mínima durante el invierno es de -1 °C (CONAGUA, 2019).

### 6.2. Descripción de los animales experimentales

#### 6.2.1. Hembras

Se utilizaron cabritas criollas ( $n = 20$ ) que nacieron del 10 al 25 de diciembre de 2018 y se destetaron a los 40 días de edad. A partir del destete las hembras fueron aisladas totalmente de machos cabríos y se dividieron aleatoriamente en dos grupos de 10 hembras cada uno. El primer grupo fue puesto en un corral (5 x 8 m). Estas hembras interactuaron entre ellas mediante el contacto visual, auditivo, táctil y olfativo. El segundo grupo las hembras fueron alojadas en corrales individuales (2 x 1.5 m). La pared que separaba un corral de otro fue de madera sólida, lo que propiciaba que estas hembras no tuvieran contacto visual ni táctil, pero sí tenían contacto auditivo y olfativo entre una hembra y la otra que se encontraba en el corral adyacente. Las tres paredes restantes fueron de madera enrejada. Los dos grupos de hembras se encontraban separados por 250 m para evitar contacto entre las hembras. Las hembras fueron alojadas en su corral respectivo del 1 de febrero de 2019 al 22 de marzo de 2020. La alimentación de las hembras se basó en heno de alfalfa (*Medicago sativa*) *ad libitum* (21% proteína cruda, 1.95 Mcal/kg de energía metabolizable (EM)) y 200

g de concentrado comercial (18% de proteína cruda, 2.05 Mcal/kg EM)/animal/día.

Además, se construyeron corrales individuales (3 × 2 m) para llevar a cabo las pruebas de comportamiento socio-sexual de las hembras en contacto con los machos. Estos corrales se encontraban a 100 m de los corrales donde fueron alojadas las hembras. También se construyó un corral (5 × 8 m) para el grupo de hembras que se alojó individualmente.

### **6.2.2. Tratamiento fotoperiódico aplicado a los machos cabríos**

Se utilizaron diez machos cabríos de aproximadamente 2 años de edad que fueron sometidos a un tratamiento fotoperiódico con la finalidad de inducir el incremento en la secreción de la testosterona, el comportamiento sexual y el olor durante el periodo de reposo sexual natural (marzo-abril; Delgadillo *et al.*, 2002; Fernández *et al.*, 2020). El tratamiento fotoperiódico inició el 1 de noviembre de 2019 y finalizó el 15 de enero de 2020, a partir del 16 de enero los machos recibieron el fotoperiodo natural hasta que finalizó el estudio. Este tratamiento fotoperiódico consistió en proporcionar 16 horas luz y 8 horas de oscuridad por día durante 2.5 meses. Los corrales fueron equipados con lámparas fluorescentes de 75 watts cada una. Se comprobó que la intensidad luminosa en todo el corral fuera de al menos 300 lux a nivel de los ojos de los machos. Las lámparas fueron programadas para encenderse automáticamente de acuerdo a los siguientes horarios de 06:00 h a 09:00 h y de 17:00 h a 22:00 h. Cada macho fue alimentado con heno de alfalfa *ad libitum* ((21% proteína cruda, 1.95 Mcal/kg EM) y 300 g de concentrado comercial (18% de proteína cruda, 2.05 Mcal/kg de EM) por día. Además, se suministró agua potable y sales minerales *ad libitum* (12% de fósforo y 11% de calcio).

### **6.3. Estado anovulatorio de las hembras caprinas**

A los 15 meses de edad, en los días 2 y 11 de marzo se tomaron muestras sanguíneas para determinar los niveles plasmáticos de progesterona. Los resultados indicaron que las hembras se encontraban anovulatorias. El 21 de marzo se registró el peso y la condición corporal en las hembras alojadas individualmente ( $34.0 \pm 2$  kg y  $2.9 \pm 0.09$ , respectivamente) y en las hembras alojadas en grupo ( $31.1 \pm 0.1$  kg y  $3.3 \pm 0.18$ , respectivamente).

### **6.4. Efecto macho**

El 23 de marzo (día 0, 07:30 h), los 10 machos fueron separados al azar en 5 por grupo de hembras, cada macho fue puesto en un corral individual. A las 08:00 h, las hembras alojadas en grupo y las hembras alojadas individualmente fueron puestas en contacto una a una con el macho en el corral. Cada hembra fue puesta en contacto con un macho durante 30 min para registrar las conductas sociales y sexuales. Cuando finalizaron las pruebas de comportamiento, las hembras de cada grupo fueron trasladadas a otro corral. La proporción utilizada fue 1 macho  $\times$  10 hembras. Las hembras alojadas en grupo permanecieron en su corral original y las hembras alojadas individualmente fueron puestas en un corral nuevo. Los machos permanecieron con las hembras durante 15 días. En cada grupo de hembras se utilizaron 2 machos. A partir del día 0 a las 18:00 h y en los siguientes días, los machos se intercambiaron a las 08:00 h y a las 18:00 h en cada grupo de hembras.

### **6.5. Variables evaluadas**

Las hembras fueron sometidas a un muestreo sanguíneo mediante punción venosa de la yugular para determinar las concentraciones plasmáticas de

progesterona, las muestras se tomaron por las mañanas. Cada muestra sanguínea se depositó en un tubo de 5 mL conteniendo 30  $\mu$ L de heparina sódica (5000 UI/mL) como anticoagulante. Posteriormente, las muestras sanguíneas se centrifugaron a 3500  $\times$  g durante 30 min, y el plasma se almacenó en tubos a -15 °C hasta que se llevó a cabo la determinación hormonal. El muestreo sanguíneo se realizó en los días 0-15 post-introducción de los machos con los grupos de hembras. Las muestras sanguíneas fueron tomadas por la misma persona al finalizar las pruebas de comportamiento. La progesterona plasmática se determinó mediante un ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA; EIA-1561, DRG International, Inc., USA). La sensibilidad del ensayo fue de 0.045 ng/ml. Los coeficientes de variación inter-ensayo e intra-ensayo fueron 3.2% y 5.38%, respectivamente.

En ambos grupos de hembras, las pruebas de comportamiento consistieron en registrar los olfateos en el cuerpo del macho, aproximarse al macho y alejarse del macho (Gelez y Fabre-Nys, 2004). El registro de la aparición del estro se llevó a cabo de las 08:00 a 08:30 y de 18:00 a 18:30 h durante 15 días, post-introducción de los machos con los grupos de hembras. La latencia al primer estro es el tiempo transcurrido en horas desde la introducción del macho hasta el primer comportamiento estral en cada hembra. Una hembra en estro permanece inmóvil y acepta la monta con intromisión del macho (Fatet *et al.*, 2011). Las ovulaciones se determinaron mediante las concentraciones plasmáticas de progesterona. Se consideró que una hembra ovuló cuando la concentración de progesterona plasmática fue  $\geq 0.5$  ng/ml en al menos un muestreo sanguíneo, lo que se consideró como indicativo de actividad ovulatoria (Bedos *et al.*, 2010; Fernández *et al.*, 2021). Un ciclo ovulatorio corto se infirió cuando la progesterona plasmática incrementó  $\geq 0.5$  ng/ml y luego disminuyó a nivel basal durante los primeros 6 días y volvió a incrementar alrededor de los días 9 a 10 post-introducción de los machos. Un ciclo ovulatorio normal se consideró cuando la progesterona aumentó continuamente durante los primeros 6 días post-introducción de los machos a las hembras (Andrade-Esparza *et al.*, 2018). La proporción de hembras que ovularon se determinó dividiendo el número de

hembras que ovularon por el número total de hembras expuestas al macho. La fertilidad (número de hembras paridas/número de hembras expuestas a machos) y la prolificidad (número de crías nacidas/número de hembras paridas) se determinaron al parto.

### **6.5.2. Machos**

Cada macho fue observado individualmente el día 0 a las 08:00 durante 30 min. en el primer contacto de las hembras con el macho como se mencionó anteriormente. Las conductas sexuales registradas fueron el olfateo anogenital, las aproximaciones y los intentos de monta (Delgadillo *et al.*, 2002; Fernández *et al.*, 2020). Una vez finalizadas las pruebas de comportamiento no fue posible analizar estadísticamente el comportamiento sexual de los machos debido que se utilizó la proporción de 1 macho × 10 hembras, se asignaron 2 machos por grupo de hembras.

### **6.6. Nota ética**

Todos los procedimientos realizados en este estudio se llevaron a cabo de acuerdo con el protocolo de la Ley de la Protección y Trato Digno de Animales para el Estado de Coahuila de Zaragoza (Congreso del Estado Independiente, Libre y Soberano de Coahuila de Zaragoza, 2013) que proporciona especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de experimentación.

## 6.7. Análisis estadístico

Para analizar los comportamientos de las hembras (los olfateos al macho, los movimientos en dirección al macho y movimientos en dirección opuesta al macho) fue utilizado un modelo que incluyó el efecto del grupo de hembras, el día de medición y la interacción entre el grupo y día, y como efecto sujeto fue la hembra. Se empleó la metodología de Ecuaciones de Estimaciones Generalizadas. Para la selección del modelo y de la estructura de correlación con el mejor ajuste se utilizó una extensión del criterio de información Akaike denominada cuasi-verosimilitud bajo el criterio del modelo de independencia corregido (QICC). El intervalo desde la introducción del macho al primer estro y la prolificidad y el comportamiento sexual del macho se analizaron mediante un modelo completamente aleatorio en un modelo mixto que se incluyó el efecto del grupo de hembra y el efecto aleatorio del animal dentro del grupo. Se evaluaron varias distribuciones para seleccionar el mejor modelo, para lo cual se utilizaron los criterios de información de Akaike corregidos para muestras finitas (AICC). En todos los casos se utilizó la prueba secuencial de Sidak para corregir las comparaciones múltiples de las medias.

Para evaluar los estros, las ovulaciones, los ciclos ovulatorios cortos y normales y la fertilidad en los dos grupos de hembras, se utilizó la prueba exacta de Fisher. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete SPSS versión 22.0 (IBM Corp, Released 2013). Los datos se presentan como la media marginal estimada  $\pm$  error estándar de la media, y el intervalo de confianza de Wald al 95%. Las diferencias se consideraron significativas al  $P < 0.05$ .

## VII. RESULTADOS

### 8.1 Comportamiento socio-sexual en las hembras durante el primer contacto con los machos cabríos

Los resultados indicaron diferencia significativa para el día de medición y la interacción del día  $\times$  grupo de hembras ( $P < 0.001$ ) en los olfateos al macho; mientras que los movimientos en dirección al macho y los movimientos en dirección opuesta al macho no difirieron entre ambos grupos de hembras ( $P > 0.05$ ; Tabla 1). En el día 0 los olfateos del macho no difirieron entre las hembras alojadas individualmente y las alojadas en grupo ( $P \geq 0.05$ ), pero en las siguientes mediciones esta conducta se incrementó en las hembras alojadas en grupo ( $P < 0.05$ ). Las hembras alojadas individualmente o en grupo desplegaron una frecuencia similar en los movimientos dirección al macho que las hembras en grupo el día 0 ( $P > 0.05$ ). En las siguientes mediciones este comportamiento casi no se observó en las hembras alojadas individualmente, aunque en las hembras alojadas en grupo el mismo comportamiento expreso con mas frecuencia Las hembras individualmente como las alojadas en grupo mostraron frecuencia similar en los más movimientos en dirección opuesta al macho en el día 0 que las hembras alojadas en grupo ( $P > 0.05$ ), aunque en ambos grupos de hembras este comportamiento disminuyó en las siguientes mediciones en relación del día 0 ( $P < 0.001$ ) (Tabla 1).

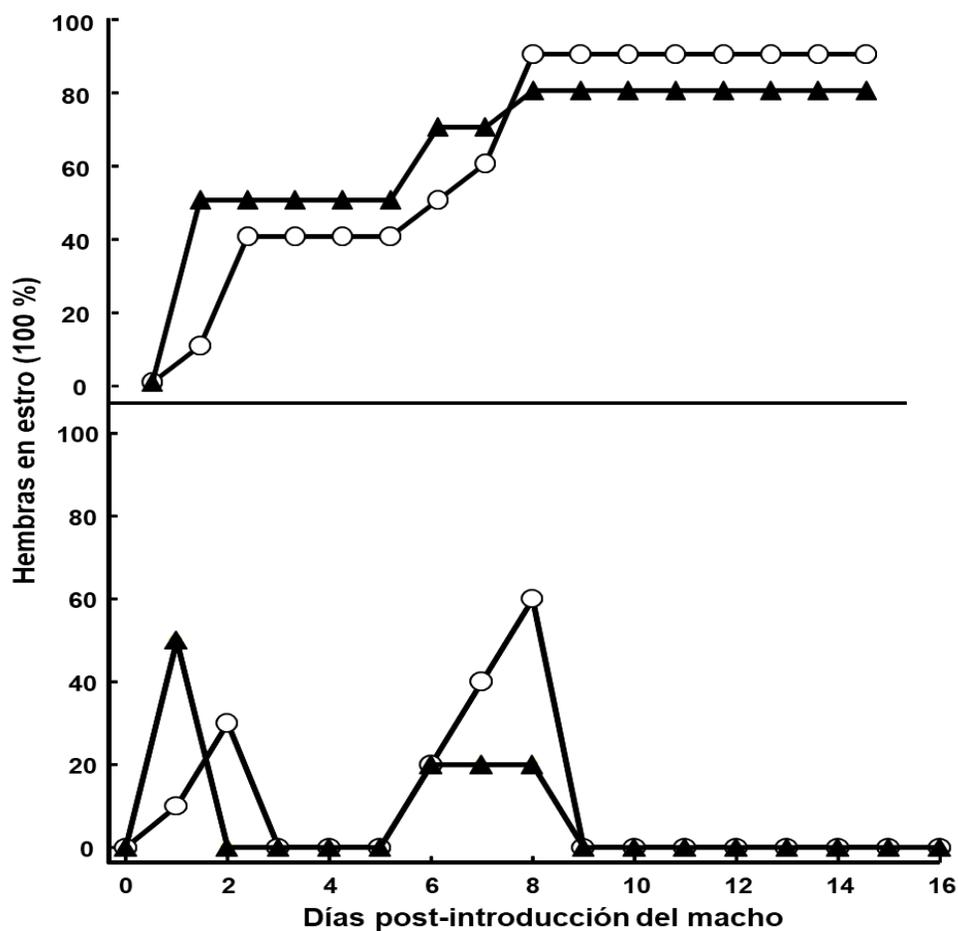
**Tabla 1.** Conductas socio-sexuales en hembras sin experiencia sexual anéstricas alojadas en grupo y en hembras sin experiencia sexual anéstricas alojadas individualmente durante el primer contacto con el macho. Las conductas socio-sexuales se registraron a las 08:00 h durante 30 min los días 0,1, 2 y 3, post-introducción de los machos con los grupos de hembras. Los machos fueron sometidos a días largos artificiales (16 h de luz y 8 h de oscuridad por día) a partir del 1 de noviembre al 15 de enero. Posteriormente, los machos recibieron el fotoperiodo natural hasta el final del estudio.

Conductas socio-sexuales	Día post-introducción del macho a las hembras	Hembras alojadas	
		Individualmente	En grupo
Olfateos al macho	0	2.00 - 9.50	0.19 - 1.35
	1	0.01 - 0.10 <sup>b</sup>	1.75 - 4.18 <sup>a</sup>
	2	0.47 - 2.57	0.72 - 2.71
	3	0.02 - 0.59	0.02 - 0.59 <sup>**</sup>
Movimientos en dirección al macho	0	0.49 - 14.11	0.00 - 4.46
	1	0.00 - 0.81	0.00 - 6.74
	2	0.00 - 1.72	0.00 - 6.34
	3	0.00 - 0.29	0.00 - 0.90
Movimientos en dirección opuesta al macho	0	12.60 - 22.66	6.48 - 11.41
	1	1.83 - 5.60 <sup>***</sup>	1.23 - 2.36 <sup>***</sup>
	2	0.91 - 5.80 <sup>***</sup>	1.69 - 5.66 <sup>*</sup>
	3	0.99 - 2.92 <sup>***</sup>	1.86 - 2.84 <sup>***</sup>

Las conductas se expresan como valor superior e inferior con un intervalo de confianza de Wald al 95%. Literales diferentes entre columnas difieren significativamente ( $P < 0.05$ ). \*, \*\*, \*\*\* dentro de las columnas indican diferencia con respecto al día 0 (\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*\*\*  $P < 0.001$ ).

## 8.2 Respuestas estral, ovulatoria y reproductiva en las hembras en contacto con los machos foto-estimulados

El intervalo desde la introducción de los machos al primer estro y la prolificidad al parto no difirió significativamente entre las hembras alojadas individualmente y las alojadas en grupo ( $P > 0.05$ ). Asimismo, la proporción de estros en 15 días, ovulaciones, ciclos ovulatorios cortos y normales y la fertilidad no difirieron entre los grupos de hembras ( $P > 0.05$ ; Figura 7 y Tabla 2).



**Figura 7.** Proporción acumulada (arriba) y diaria (abajo) de estros en hembras sin experiencia sexual anéstricas alojadas en grupo (▲) y en hembras sin experiencia sexual anéstricas alojadas individualmente (○). Las hembras fueron expuestas a machos durante 15 días. Los machos fueron sometidos a días largos artificiales (16 h de luz al día y 8 h de oscuridad al día) del 1 de noviembre al 15 de enero. Posteriormente, los machos recibieron el fotoperiodo natural.

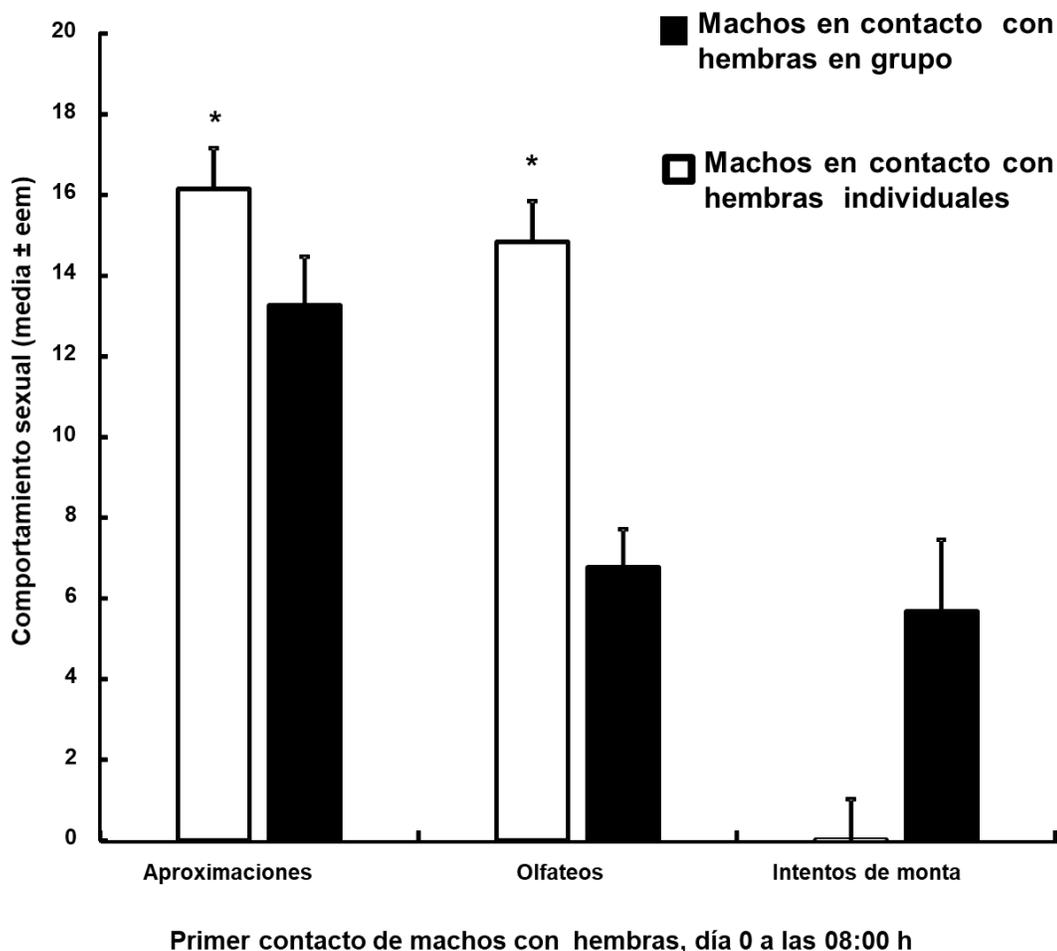
**Tabla 2.** Estros, actividad ovulatoria, fertilidad y prolificidad en hembras sin experiencia sexual anéstricas alojadas en grupo y en hembras sin experiencia sexual anéstricas alojadas individualmente. Las hembras fueron expuestas a machos durante 15 días. Los machos fueron sometidos a días largos artificiales (16 h de luz al día y 8 h de oscuridad al día) del 1 de noviembre al 15 de enero. Posteriormente, los machos recibieron el fotoperiodo natural.

Hembras sin experiencia sexual alojadas en	<i>n</i>	Intervalo de la introducción del macho al inicio del comportamiento estral (h) (media ± SD)	Estros en 15 días (%)	Ovulaciones (%)	Ciclos ováricos cortos (%)	Ciclos ováricos normales (%)	Fertilidad (%)	Prolificidad (media ± SD)
Grupo	10	82.5 ± 68.9	80	100	60	40	80	1.7 ± 0.5
Individual	10	117.3 ± 73.4	90	100	90	10	70	1.6 ± 0.5

( $P > 0.05$ )

### 8.3 Comportamiento sexual de los machos en contacto con las hembras

Los machos registraron más aproximaciones y olfateos anogenital a las hembras alojadas individualmente ( $P < 0.05$ ), mientras que los intentos de monta no difirieron entre los machos ( $P > 0.05$ ; Figura 8).



**Figura 8.** Comportamiento sexual de machos fotoestimulados en contacto con hembras anéstricas sin experiencia sexual alojadas en grupo (■) y hembras anéstricas sin experiencia sexual alojadas individualmente en corrales (□). El comportamiento sexual se registró el día 0 a las 08:00 h durante 30 minutos en el primer contacto entre machos y hembras.

## VIII. DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación muestran que las conductas socio-sexuales como olfatear al macho, acercarse al macho y alejarse del macho registradas en las hembras sin experiencia sexual alojadas individualmente o alojadas en grupo fueron similares durante en el primer contacto con los machos foto-estimulados (día 0). Cabe mencionar que los acercamientos al macho fueron similares entre los dos grupos de hembras, lo cual sugiere que las hembras detectaron las conductas sexuales así, como el fuerte olor de los machos foto-estimulados. De hecho, los movimientos en dirección contraria al macho, como indicador de miedo o estrés, tampoco difirió entre los dos grupos de hembras. Estos resultados sugieren que ambos grupos de hembras experimentaron el mismo nivel de estrés social durante el primer contacto con el macho. Los resultados muestran que los dos grupos de hembras expresaron casi la misma intensidad de comportamientos socio-sexuales como los olfateos al macho y movimientos en dirección al macho. Las conductas registradas en las hembras caprinas anéstricas coinciden con los reportados previamente por Gelez y Fabre-Nys (2004) en ovejas sin experiencia sexual alojadas en grupo expuestas a carneros sexualmente activos durante la estación reproductiva. Entonces los resultados actuales indican que los dos grupos de hembras mostraron la misma atracción por el macho foto-estimulado durante su primer encuentro socio-sexual. De hecho, el intervalo desde la introducción del macho y el primer comportamiento estral tampoco difirió entre los grupos de hembras. El intervalo registrado en las hembras del presente estudio es similar al reportado previamente por hembras multíparas y nulíparas alojadas en grupo expuestas a machos foto-estimulados (Luna-Orozco *et al.*, 2008). Los presentes resultados indican que en las hembras alojadas individualmente en corral por largo tiempo no se afectó el despliegue de sus habilidades motoras, como se reportó en un estudio previo (Fernández *et al.*, 2020).

En relación a la respuesta sexual y reproductiva, como el comportamiento estral, la respuesta ovulatoria, los ciclos ovulatorios cortos y los ciclos ovulatorios

normales, así como, la fertilidad y la prolificidad fueron similares entre las hembras alojadas individualmente y las alojadas en grupo. Estos resultados son similares a los reportados por hembras de más de 2 años de edad alojadas en grupo expuestas a machos foto-estimulados (Delgadillo *et al.*, 2002; Bedos *et al.*, 2010).

Los hallazgos del presente estudio coinciden con estudios previos en hembras sin experiencia sexual alojadas en grupo de edad similar donde se observó alta respuesta estral cuando fueron expuestas a machos fotoestimulados, es decir, que mostraron alta actividad sexual (Fernández *et al.*, 2021).

Sin embargo, los resultados del presente estudio muestran que el aislamiento social que experimentaron las hembras alojadas individualmente no disminuyó la expresión de las conductas sociales, así como, las conductas sexuales al macho foto-estimulado durante el primer encuentro entre ambos sexos. Los actuales resultados muestran que en las hembras anéstricas en contacto con machos fotoestimulados, el eje hipotálamo-pituitaria-gónadas se activó, mientras que el eje hipotálamo-pituitaria-adrenales no influyó negativamente en la expresión de las primeras conductas socio-sexuales en las hembras experimentales. En cambio, las ovejas y las vacas productoras de leche son más sensibles a cualquier tipo de estresor, como es el aislamiento social, ya que se ha observado que dicho factor afectó negativamente la respuesta sexual en dichos animales (Pierce *et al.*, 2008; Bertoni y Trevisi, 2009; Dobson *et al.*, 2012; Narayan y Parisella, 2017)

Del mismo modo, los actuales resultados no muestran diferencia significativa entre ambos grupos de hembras con respecto a la fertilidad y a la prolificidad al registrada al parto. Entonces, los actuales hallazgos en relación a las respuestas reproductivas registradas en los grupos experimentales son similares a las reportadas previamente en hembras anéstricas experimentadas sexualmente mantenidas en grupo de edad entre 3-4 años expuestas a machos fotoestimulados (Rivas-Muñoz *et al.*, 2007; Bedos *et al.*, 2010; Andrade-Esparza *et al.*, 2018). En cambio, un estudio previo realizado en ovejas donde fueron

sometidas previamente a estrés agudo, se observó una marcada disminución en la aceptación de las montas del carnero (Papargiris *et al.*, 2011). Asimismo, los actuales resultados difieren de aquellos estudios que indican que las hembras sin experiencia sexual muestran menos proceptividad, receptividad, ovulación y tasa de preñez cuando se exponen al macho por primera vez, por ejemplo, en carneros (Gelez *et al.*, 2004; Hawken *et al.*, 2008; Murtagh *et al.*, 1984; Papargiris *et al.*, 2011; Pierce *et al.*, 2008), y en porcinos (Hemsworth *et al.*, 1982). Entonces la alta respuesta reproductiva desplegada por los grupos experimentales del presente estudio se debe a que las hembras fueron expuestas a machos fotoestimulados, los cuales mostraron una intensa actividad sexual desde el primer encuentro socio-sexual. Estudios previos indican que la alta calidad del comportamiento sexual del macho influye positivamente en la respuesta sexual de las hembras anéstricas durante el efecto macho (Delgadillo *et al.*, 2006).

Aunque los machos foto-estimulados en el presente estudio expresaron más aproximaciones y olfateos anogenital a las hembras sin experiencia sexual alojadas individualmente, los resultados sugieren que este grupo de hembras fue más atractivo para los machos durante el primer contacto. Aunque en el presente estudio no se registraron todos los comportamientos sexuales que expresan los machos sexualmente activos, obviamente estos machos expresaron todos los comportamientos sexuales implicados durante el cortejo y el apareamiento. Estudios previos indican que los machos cabríos sometidos a un tratamiento fotoperiódico durante el reposo sexual incrementan la actividad sexual expresando todos los componentes del comportamiento sexual, como los olfateos anogenitales, las aproximaciones, los intentos de monta, las montas con intromisión, el automarcaje y el flehmen. Además, dichos machos presentan un incremento en las concentraciones plasmáticas de testosterona, del olor y de la circunferencia escrotal (Delgadillo *et al.*, 2002; Ponce *et al.*, 2014; Fernández *et al.*, 2020).

## **IX. CONCLUSIONES**

Se concluye que las hembras sin experiencia sexual anéstricas alojadas individualmente o en grupo mostraron alto nivel de conductas socio-sexuales durante el primer contacto con el macho foto-estimulado, y tanto las hembras sin experiencia sexual anéstricas alojadas individualmente como las hembras en grupo desplegaron alta respuesta sexual y reproductiva durante el contacto con los machos fotoestimulados, sin presentar diferencias significativas entre ambos grupos de hembras.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Albright, J.L., Arave, C.W. 1997. The behaviour of cattle. Wallingford, Oxon, UK ; New York, NY, USA : CAB International. Pag.306
- Andrade-Esparza, J.D., Espinoza-Flores, L.A., Hernández, H., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J.A. 2018. Extensive management conditions do not modify the frequency of short ovulatory cycles in progesterone-treated does exposed to sexually active males. *Animal Reproduction Science*. 199: 40-44.
- Arafah, B. 2006. Hypothalamic pituitary adrenal function during critical illness: limitations of current assessment methods. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 91: 3725-3745.
- Castañeda, M., Martínez-Gómez, M., Guevara-Guzmán., Robyn Hudson. 2007. Comunicación química en mamíferos domésticos. *Veterinaria México*. 38: 105-123.
- Barrell, G. K., Moenter, S.M., Cahaty, A., Karsch, F.J. 1992. Seasonal changes of gonadotropin-releasing hormone secretion in the ewe. *Biology of Reproduction*. 34: 1130-1135.
- Baril, G., Chemineau, P., Cognié, G., Leboeuf, B., Orgeur, P., Vallet, J.C. 1993. Manuel de formation pour l'insémination artificielle chez les ovins et les caprins. *Production et santé animales*. 15: 83-87.
- Beach, F.A. 1976. Sexual attractivity, proceptivity, and receptivity in female mammals. *Hormones and Behavior*. 7: 105-138.
- Bedos, M., Portillo, W., Dubois, J.P., Duarte, G., Flores, J.A., Chemineau, P., Keller, M., Paredes, G., Delgadillo, J. A. 2016. A high level of male sexual activity is necessary for the activation of the medial preoptic area and the arcuate nucleus during the 'male effect' in anestrus goats. *Physiology and Behavior*. 165: 173-178.

- 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., Hernández, H., Vielma, J., 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.
- Berteaux, D., Micol, T. 1992. Population studies and reproduction of the feral cattle (*Bos Taurus*) of Amsterdam Island, Indian Ocean. *Journal Zoology Lond*. 228: 265-276.
- Bertoni, G., Trevisi, E. 2009. Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*. 8: 265-286.
- Billings, H.J., Katz, L. 1997. Progesterone facilitation and inhibition of estradiol-Induced Sexual Behavior in the female goats. *Hormones and Behavior*. 31: 47-53.
- Boissy, A., Terlouw, C., Neindre, P. 1998. Presence of cues from stressed conspecifics increases reactivity to aversive events in cattle: Evidence for the existence of alarm substances in urine. *Physiology and Behavior*. 63: 489-495.
- Blanchard, R.J., McKittrick, C.R., Blanchard, D.C. 2001. Animal models of social stress: effects on behavior and brain neurochemical system. *Physiology Behavior*. 73: 71-261.
- Braker, M.J., Udo, H.M.J., Webb, E.C. 2002. Impacts of intervention objectives in goat production within subsistence farming systems in South Africa. *Journal of Animal Science*. 32: 185-191.
- Bronson, F.H. 2009. Climate change and seasonal reproduction in mammals. *Philosophical Transactions The Royal Society*. 364: 3331-3340.

- Brown, B. W. 2000. A review on reproduction in South American camelids. *Animal Reproduction Science*. 58: 169-195.
- Bustos, O, E., Torres-Díaz, L. 2012. Seasonal reproduction in the male. *International Journal Morphology*. 4: 1266-1279.
- Cacioppo, J. T., Louise, C., Hawkley, J., Berntson, G. 2011. Social isolation. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1: 17-22.
- Chemineau, P. 1987. Possibilities for using bucks to stimulate ovarian and oestrous cycles in anovulatory goats. *Livestock Production Science*. 17: 135-147.
- Chemineau, P. 1990. Reproducción de las cabras originarias de las zonas tropicales. Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Zootecnistas y Técnicos en Caprinocultura. 1-2.
- Chemineau, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., Guerin, Y., Ravault, J.P., Thimonier, J. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Animal Reproduction Science*. 30: 157-184.
- Chemineau, P., Malpoux, B., Thiery, J.C., Viguie, C., Morello, H., Zarazaga, L., Pelletier, J. 1995. The control of seasonality a challenge to small ruminant breeding reproduction and animal breeding advances and strategy. *International Symposium of Societa Italiana per il Progresso della Zootecnica*.
- Cigolani, H. 2000. *Fisiología Humana* . 7ª Edición. Buenos Aires. El Ateneo.
- Claus, R., Sobre, M., Dehnhard, M. 1990. Effect of male odour on LH secretion and the induction of ovulation in seasonally anoestrous goats. *Animal Reproduction Science*. 22: 27-38.
- Cohen-Tannoudji, J.L., Locatelli, A., Signoret, J.P. 1986. Non-pheromonal stimulation by the male of LH release in the anoestrus ewe. *Physiology Behaviour*. 36: 921-924.

- Congreso del Estado Independiente, Libre y Soberano de Coahuila de Zaragoza. 2013. Ley de protección y trato digno a los animales para el estado de Coahuila de Zaragoza. <https://www.sema.gob.mx/descargas/legal/leyes/2021/SMAMarcoLegalLeydeanimales23022021.pdf>. Fecha de acceso 20 de agosto 2020
- CONAGUA. 2019. Comisión Nacional del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx/es/>. Fecha de acceso 08 de agosto 2020.
- Creel, S.R., Albright, J.L. 1988. The effects of neonatal social isolation on the behavior and endocrine function of Holstein calves. *Applied Animal Behaviour Science*. 21: 293-306.
- Delgadillo, J.A., Carrillo, E.J., Moran, J., Duarte, G., Chemineau, P., Malpoux, B. 2001. Induction of sexual activity of male creole goats in subtropical northern Mexico using long days and melatonin. *Journal Animal Science*. 79: 2245-2252.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H., 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. *American Society of Animal Science*. 80: 2780-2786.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Malpoux, B. 2003. Control of reproduction in goats from subtropical Mexico using photoperiodic treatments and the male effect. *Veterinaria México*. 34: 69-79.
- Delgadillo, J.A., Cortéz, M.E., Duarte, G., Chemineau, P., Malpoux, B. 2004. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reproduction Nutrition Development*. 44: 183-193.
- Delgadillo, J. A. 2005. *Inseminación artificial en caprinos*. Editorial Trillas. 1ra Edición. Pp. 23.
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Duarte, G., Vielma, J., Hernández, H., Fernández, I.G. 2006. Importance of the signals provided by the buck for

the success of the male effect in goats. *Reproduction Nutrition Development*. 46: 391- 400.

Delgadillo, J.A., Vielma, J., Flores, J.A., Veliz, F.G., Duarte, G., Hernández, H. 2008. La calidad del estímulo emitido por el macho determina la respuesta de las cabras sometidas al efecto macho. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9: 39-45.

Delgadillo, J.A., Gelez, H., Ungerfeld, R., Hawken, P.A., 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., Vielma, J., Fitz-Rodríguez, G., Bedos, M., Keller, M. 2011. Control of the sexual activity of goats without exogenous hormones: use of photoperiod, male effect and nutrition. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15.

Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Duarte, G., Vielma, J., Hernández, H., Bedos, M., Fitz-Rodríguez, G., Fernández, I.G., López-Sebastián, A., Gómez-Brunet, A., Santiago-Moreno, J., Zarazaga, L.A., Keller, M., Chemineau, P. 2014. Out-of-season control of reproduction in subtropical goats without exogenous hormonal treatments. *Small Ruminant Research*. 121: 7-11.

Dobson, H., Smith, R.F. 2000. What is stress, and how does it affect reproduction. *Animal Reproduction Science*. 21: 60-61.

Dobson H., Fergani, C., Routly, J.E., Smith, R.F., 2012. Effects of stress on reproduction in ewes. *Animal Reproduction Science*. 130, 135–140.

Duarte, G., Flores, J.A., Malpoux, 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.

Dwyer, C.M. 2008. Environment and the Sheep Breed Adaptation and Welfare Implications. *The Welfare of the Sheep*. *Animal Welfare*. 6: 41-76.

- Entsu, S., Dohi, H., Yamada, A. 1992. Visual acuity of cattle determined by the method of discrimination learning. *Applied Animal Behaviour Science*. 34: 1-10.
- Estes, R.D. 1974. Social Organization of the African Bovidae. *Museum of Comparative Zoology* 1: 166-205
- Fabre-Nys, C. 2000. Le comportement sexuel des caprins: contrôle hormonal et facteurs sociaux. *Production Animal*. 13:11-23.
- Fatet, A., Pellicer-Rubio, M.T., Leboueuf, B. 2011. Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science*. 124: 211-219.
- Fernández, I.G., Loya-Carrera, J., Sifuentes-Lamónt, P., Duarte, G., Flores, J.A., Grimaldo E., Hernández, H., Ulloa-Arvizu, R., Andrade-Esparza, J. 2020. Social isolation does not inhibit sexual behaviour and testosterone secretion in sexually inexperienced photo-stimulated bucks in contact with seasonally anoestrous goats. *Italian Journal of Animal Science*. 19: 989-996.
- Fernández, I.G., Flores, J.A., Duarte, G., Hernández, H., Fitz-Rodríguez, G., Vielma, J. 2021. Previous sexual experience does not improve estrous behavior and ovulatory activity in seasonally anestrous goats in contact with photostimulated bucks. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 9: 1-7.
- Fernández, A.B., Muñoz, R. 2021. Antecedentes históricos y el origen de las cabras. *Red Nacional de Pequeños Rumiantes (RECUPER)*. Trabajo Técnico. Pp 5-39.
- Fletcher, I.D., Lindsay, D.R. 1968. Sensory involvement in the mating behaviour of domestic sheep. *Animal Behaviour*. 16: 410-414.
- Foster, D.L. 1994. Puberty in the sheep. *The physiology of reproduction*. 2: 411-451.

- Fraser, A.F., Broom, D.M. 1990. *Farm Animal Behaviour and Welfare*. Formerly London: Baillière Tindall. Wallingford: CAB International. Pp.437.
- Gelez, H., Fabre-Nys, C. 2004. The “male effect” in sheep and goats: a review of the respective roles. *Hormones and Behavior*. 46: 257-271.
- Gelez, H. E., Archer, D., Chesneau, D., Lindsay., Fabre-Nys, C. 2004. Role of experience in the neuroendocrine control of ewes’ sexual behavior. *Hormones and Behavior*. 45:190-200.
- Gibbons, A., Cueto, A. M., Wolff, B. M. 1993. Inseminación artificial en la especie caprina. *Reproduccion y Genética*. Estación Experimental Agropecuaria Bariloche. 22: 12-17.
- Hafez, E. 1952. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe. *Journal Agricultural Science*. 42: 189-231.
- Hawken, P.A.R., Evans, A.C.O., Beard, A.P. 2008. Prior exposure of maiden ewes to rams enhances their behavioural interactions with rams but is not a pre-requisite to their endocrine response to the ram effect. *Animal Reproduction Science*. 108: 13-21.
- Hawley, L. C., Cole, S.W., Capitanio, J.P., Norman, G.J., Cacioppo, J.T. 2012. Effects of social isolation on glucocorticoid regulation in social mammals. *Hormones and Behavior*. 62: 314-323.
- Hazlerigg, D., Simonneaux, V. 2015. Seasonal regulation of reproduction in mammals. 4 ed. Knobil and Neill’s *Physiology of Reproduction*. 25: 1575-1604.
- Hemsworth, P. S. 1982. The influence of the post-weaning social environment on the weaning to mating interval of the sow. *Animal Production*. 35: 41–48.
- Hibberd, C., Yau, J.L., Seckl, J.R. 2000. Glucocorticoids and the ageing hippocampus. *Journal of Anatomy*. 197: 553-562.

- Hillbrick, G.C., Tucker, D.J., Smith, G.C. 1995. The lipid composition of cashmere goat fleece. *Australian Journal of Agricultural Research*. 46: 1259–71.
- Hunter, M.G., Robinson, R.S., Mann, G.E., Webb, R. 2004. Endocrine and paracrine control of follicular development and ovulation rate in farm species. *Animal Reproduction Science*. 82: 464-477.
- IBM Released Corp. 2013. IBM SPSS Statistics for Windows. Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- IPCC Framework for hazard-specific vulnerability assessment under climate change. 2014. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ab24ed/pdf>. Fecha de acceso 28 de septiembre 2021.
- Joseph-Bravo, P., Gortari, P. 2007. El estrés y sus efectos en el metabolismo y el aprendizaje. *Biotecnología*. 23: 65-76.
- Kannan, G., Terrill, T.H., Kouakou, B., Gelaye, S., Amoah, E.A. 2002. Simulated preslaughter holding and isolation effects on stress responses and live weight shrinkage in meat goats. *American Society of Animal Science*. 80: 1771-1780.
- Kannan, G., Kouakou, B. 2003. Endocrine, blood metabolite, and meat quality changes in goats as influenced by short-term, preslaughter stress. *Journal of Animal Science*. 81: 1499-1507.
- Karsch, F.J., Bittman, E.L., Foster, D.L., Goodman, R.L., Legan, S.J., Robinson, J.E. 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Progress in Hormone Research*. 40: 185-232.
- Katz, L.S., McDonald, T.J. 1992. Sexual behavior of farm animals. *Theriogenology*. 28: 239-253.
- Kiley, M. 1972. The vocalizations of ungulates, their causation and function. *School of Biological Sciences*. 31: 171-222.

- Kilgur, R., Dalton, C. 1984. *Livestock behaviour; A practical guide*. Westview Pressm Boulder. 1st Edition.
- Knight, T.W., Lynch, P.R. 1980. The pheromones from rams that stimulate ovulation in the ewe. *Animal Production Science*. 13:74-76.
- Kanitz, E., Puppe, B., Tuchscherer, M., Herber, M., Viergutz, T., Tuchscherer, A. 2009. A single exposure to social isolation in domestic piglets activates behavioural arousal, neuroendocrine stress hormones, and stress-related gene expression in the brain. *Physiology and Behavior*. 98: 176-185
- Lamb, G.C., Smith, M.F., Perry, G.A., Atkins, J.A., Risley, M.E., Busch, D.C. 2009. Reproductive endocrinology and hormonal control of the estrous cycle. *The bovine Practitioner*. 20:18-26.
- Lincoln, G.A., Short, R.V. 1980. Seasonal breeding: nature's contraceptive. *Recent Progress in Hormone Research*. Pp : 1-51.
- Lincoln, G.A., Johnston, J.D., Andersson, H., Wagner, G., Hazlerigg, D.G. 2005. Photorefractoriness in mammals: Dissociating a seasonal timer from the circadian-based photoperiod response. *Endocrinology*. 146: 3782-3790.
- Luna-Orozco, J.R., Fernández, I.G., Gelez, H., Delgadillo, J.A. 2008. Parity of female goats does not influence their estrous and ovulatory responses to the male effect. *Animal Reproduction Science*. 106: 352-360.
- Lupien, S.J., Mahue, F., Tu, M., Fiocco, A., Schramek, T.E. 2007. The effects of stress and stress hormones on human cognition: Implications for the field of brain and cognition. *Brain and Cognition*. 3: 209-237.
- Malpaux, B., Robinson, J.E., Wayne, N.L., Karsch, F.J. 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.

- Malpaux, B., Vigu  , C., Skinner, D.C., Thi  ry, J.C., Chemineau, P. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Research Bulletin*. 28: 431-438.
- Malpaux, B., Thi  ry, J.C., Chemineau, P. 1999. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reproduction Nutrition Development*. 39: 355-366.
- Mendl, M., Deag, J.M. 1995. How useful are the concepts of alternative strategy and coping strategy in applied studies of social behaviour? *Applied Animal Behaviour Science*. 44: 119-137.
- Mendl, M, Held, S. 2001. Living in group: an evolutionary perspective. Department of Clinical Veterinary Science, University of Bristol. 7-36.
- Miranda-de la Lama, G.C., Mattiello, S. 2010. The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. *Small Ruminant Research*. 90: 1- 10.
- Murtagh, J.J., Gray, S.J., Lindsay, D.R., Oldham, C.M. 1984. The influence of the 'ram effect' in 10–11 month-old merino ewes on their subsequent performance when introduced to rams again at 15 months of age . *Animal Production in Australia*. 15: 490-493.
- Narayan, E., Parisella, S. 2017. Influences of the stress endocrine system on the reproductive endocrine axis in sheep (*Ovis aries*). *Italian Journal of Animal Science*. 16: 640-651.
- Novotny, M.V. 2003. Pheromones, binding proteins and receptor responses in rodents. *Biochemical Society*. 31: 117-122.
- Pac  k, K., Palkovits, M. 2001. Stressor Specificity of Central Neuroendocrine. *Endocrine Review*. 22: 502-548.
- Panda, S., Nayak, S.K., Campo, B., Walker, J.R., Hogenesch, J.B., Jegla, T. 2005. Illumination of the Melanopsin Signaling Pathway. *Science*. 307: 600-604.

- Papargiris, M.M., Rivalland, E.T., Clarke, I.J., Smith, J.T., Pereira, A., Tilbrook, A.J. 2011. Evidence that RF-Amide Related Peptide-3 is not a Mediator of the Inhibitory Effects of Psychosocial Stress on Gonadotrophin Secretion in Ovariectomised Ewes. *Journal of Neuroendocrinology*. 23: 208-215.
- Pelletier, J., Ortavant, R. 1975. Photoperiodic control of LH release in the ram. *European Journal of Endocrinology*. 78: 442-450.
- Perkins, A. Fitzgerald, J.A. 1994. The behavioral component of the ram effect: the. *Journal Animal Science*. 72: 51-55.
- Pierce, B.N., Hemsforth, P.H., Rivalland, E.T., Wagenmaker, E.R., Morrissey, A.D., Papargiris, M.M., Clarke, I.J., Karsch, F.J., Turner, A.I., Tilbrook, A.J. 2008. Psychosocial stress suppresses attractivity, proceptivity and pulsatile LH secretion in the ewe. *Hormones and Behavior*. 54: 424-434.
- 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.S. 1985. Sexual behavior of large domestic farm animals: An overview. *Journal Animal Science*. 42: 62-66.
- Price, E.S. 1986. Stimulus conditions influencing self-enurination, genital grooming and flehmen in male goats. *Applied Animal Behaviour Science*. 4: 371-381.
- Ravault, J.P., Chesneau, D. 1999. The onset of increased melatonin secretion after the onset of darkness in sheep depends on the photoperiod. *Journal of Pineal Research*. 27: 1-8.
- Rekwot, P.I., Ogwu, D., Oyedipe, E.O., Sekoni, V.O. 2001. The role of pheromones and biostimulation. *Animal Reproduction Science*. 65: 157-170.

- Rivas-Muñoz, R., Fitz-Rodríguez, G., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2007. Stimulation of estrous behavior in grazing female goats by continuous or discontinuous exposure to males. *Journal Animal Science*. 85: 1257-1263.
- Rivera, W.R. Chávez., R.A. 2012. Estudio de la eficacia de dos protocolos en la sincronización del celo de cabras del bosque seco tropical de la provincia de Loja, a base de combinación de progestágenos con estradiol y en asociación con gonadotropinas coriónica. Loja: Universidad Nacional de Loja. 91.
- Sachs, B.D., Barfiel, R.J. 1976. Functional analysis of masculine copulatory behavior in the Rat. *Advance Study of Behavior*. 7: 91-154.
- Sáenz-Escárcega, P., Hoyos, F., Salinas, G., Delgado, M., Espinoza Arellano, J.D.J., Guerrero Babín, A., Contreras, Govea, E. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Torreón (Coahuila). 1991: 124-134.
- Senger, P.L. 2012. Pathways to pregnancy and parturition. 3rd ed. Current Conception, Redmond. OR.
- Setchell, B.P. 1992. Domestication and reproduction. *Animal Reproduction Science*. 28: 195-202.
- Shearer, M.K., Katz, L.S. 2006. Female-female mounting among goats stimulates sexual performance in males. *Hormones and Behaviour*. 50: 33-37.
- Shelton, M. 1980. Goats: Influence of various exteroceptive factors on initiation of estrus and ovulation. *International Goat and Sheep Research*. 1: 156-162.
- SIAP. 2020. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Población caprina.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/655389/Inventario\\_2020\\_caprino.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/655389/Inventario_2020_caprino.pdf). Fecha de acceso 31 de Julio 2021.

- Signoret, J.P., Lavenet, C., Orgeur, P. 1974. Role des différentes informations sensorielles dans l'attraction de la femelle en oestrus par le mâle porcins. In *Annales de Biologie Animale Biochimie Biophysique*. 4:745-755.
- Skinner, D.C., Herbison, E.A. 1997. Effects of photoperiod on estrogen receptor, tyrosine hydroxylase, neuropeptide, and  $\beta$ -endorphin immunoreactivity in the ewe. *Hypothalamus Endocrinology*. 38: 2585-2595.
- Tate, A.J., Fischer, H., Leigh, A.E., Kendrick, K.M. 2006. Behavioural and neurophysiological evidence for face identity and face emotion processing animals. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 361: 2155-2172.
- Taylor, A.R., Reby, D. 2010. The contribution of the source-filter theory to mamma vocal communication research. *Journal of Zoology*. 280: 221-236.
- Trevisi, E., Bertoni, G. 2009. Some physiological and biochemical methods for acute and chronic stress evaluation in dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*. 8: 265-286.
- Tsigos, C., Chrousos, G.P. 2002. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of Psychosomatic Research*. 53: 865-871.
- Turnbull, A.V., Rivier, C.L. 1999. Regulation of the Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis by Cytokines: Actions and Mechanisms of Action. *Physiological Reviews*. Vol. 79.
- Ungerfeld, R. 2002. Reproducción de los animales domésticos. Tomo I. Comportamiento sexual. Facultad de Medicina Veterinaria. 25: 179-190.
- Ungerfeld, R. 2007. Factores sociales que afectan la función ovárica. Conceptos novedosos en endocrinología ovárica. 24: 169-221.

- Vélez, J.W., Páez, P.A.V, Moscoso, S.A., Aráuz, R.N., Martínez, W. T., Rondón, E.L., Paez, J.L.V. 2019. Endocrinología de las glándulas suprarrenales y el eje hipotálamo hipofisario adrenal. *Ciencia Ecuador*. 1: 1-10.
- Vielma, J., Chemineau, P., Poindron, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A. 2009. Male behavior contributes to the maintenance of high LH pulsatility in anestrous female goats. *Hormones and Behaviour*. 56: 444-449.
- Wagenmaker, R.E., Breen, K.M., Oakley, A.E., Tilbrook, A.J., Karsch, F.J. 2010. The Estrous Cycle of the Ewe Is Resistant to Disruption by Repeated, Acute Psychosocial Stress. *Biology of Reproduction*. 82: 1206-1215.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B. 1994. Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odor in Australian cashmere goats. *Journal of Reproduction and Fertility*. 102: 351-360.
- Wehr, A. 1997. Melatonin and seasonal rhythms. *Journal of Biological Rhythms*. 12: 518-527.
- Zárate, S., Acevedo-Triana, C.A., Sarmiento-Bolaños, M.J., Cardenas, L. F., y León, L. A. 2014. Efectos del estrés sobre los procesos de plasticidad y neurogénesis: *Psychologica*. 13: 3-6.
- Zarazaga, L.A., Guzman, J.L., Domínguez, C., Perez, M.C. 2005. Effect of plane of nutrition on seasonality of reproduction in Spanish Payoya goats. *Animal Reproduction Science*. 87:253-267.
- Zohary, D., Tchernov, E., Horwitz, L. K. 1998. The role of unconscious selection in the domestication of sheep and goats. *Zoological Society of London*. 245: 129-135.