

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Signos conductuales de celo y su relación con el momento de la ovulación en
cabras

TESIS

Por:

Diana Azucena Armendáriz Corredor

Presentada como requisito parcial por obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México.
Diciembre 2024

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Signos conductuales de celo y su relación con el momento de la ovulación en cabras

Por:

Diana Azucena Armendáriz Corredor

TESIS

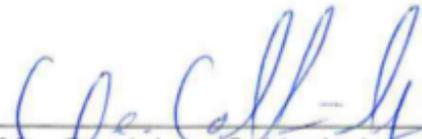
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



Dr. Alan Sebastian Alvarado Espino
Presidente



Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Vocal



Dra. Viridiana Contreras Villarreal
Vocal



Dra. Jessica Maria Flores Salas
Vocal suplente




MC José Luis Francisco Sandoval Elias
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2024

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Signos conductuales de celo y su relación con el momento de la ovulación en cabras

Por:

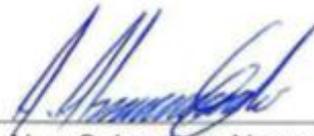
Diana Azucena Armendáriz Corredor

TESIS

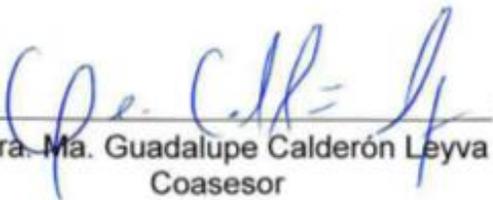
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alan Sebastian Alvarado Espino
Asesor Principal



Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Coasesor



Dra. Viridiana Contreras Villarreal
Coasesor



MC. José Luis Francisco Sandoval Elias
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2024

Agradecimientos

Agradezco a mi tata Onorúame (padre Dios) por haberme permitido entrar a estudiar a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y terminar mi carrera donde aprendí y crecí como persona, mi etapa universitaria es una experiencia que siempre voy a guardar en mi mente y en mi corazón, también quiero extender mis agradecimientos a cada uno de los Médicos Veterinarios que intervinieron en mi formación académica, de manera teórica y práctica, en especial al médico Gonzalo Lezama, quien sin dudarle abrió las puertas del establo para permitirme practicar y conocer al médico Juan Luis Morales y a su equipo del CBR donde se me permitió conocer la biotecnología de la reproducción, por supuesto quiero agradecer al médico Alan Alvarado quien me permitió conocer y practicar en la posta caprina de la universidad y hacer prácticas de campo, claro está que también por ser mi asesor de tesis, también agradezco al médico Luis Sayto y a la médico Laura Terrazas por permitirme aprender de ustedes, no quiero dejar de mencionar a los médicos Ulloa y al güero que han sido mi fuente de apoyo e inspiración durante mi carrera también gracias padrino Quillo Muñiz por ser tan sencillo y darme tips de manejo en equinos, a mis padrinos de nacimiento Dr. Jesús Manuel Armendáriz y Silvia Villalobos gracias por estar presentes en mi vida. También quiero agradecer a todos mis amigos cercanos que hicieron que el peso de ser foránea y universitaria se hiciera más liviana, Julián Hernández gracias por tu empatía, Melissa López agradezco totalmente tu bella amistad, Roberto Servín gracias por tu tan positiva amistad, Oscar Rivera, Larissa Rodríguez, Blanca Martínez y a mis amigos que desde Chihuahua estuvieron siempre presentes: Paulina Carreón, Luis González, Erika Gutiérrez, Ericka Beltrán, Mariana Prieto, agradezco a todos y a cada uno desde lo más profundo de mi corazón por ofrecerme su amistad, escucharme y por todos los momentos que pasamos durante estos años, infinitamente muchas gracias por pertenecer a mi vida.

Dedicatoria

La principal dedicatoria va nuevamente para mi tata Onorúame por nunca soltar mi mano, luego agradezco a mi madre Catalina Corredor por darme tanta libertad de elección en las decisiones de mi vida, gracias por tantas cosas bellas mamá, a mi hermano Lorenzo Armendáriz, espero que dónde este se sienta orgulloso de lo que he logrado hasta hoy y claro hermano Reyes Armendáriz te amo gracias por no dejar de apoyarme durante todo este tiempo cuentas conmigo y yo contigo por siempre.

Índice

Agradecimientos	i
Dedicatoria.....	ii
Índice	iii
Resumen.....	v
1. Introducción	1
1.1. Objetivo	2
1.2. Hipótesis.....	2
2. Revisión de literatura	3
2.1. Estacionalidad reproductiva.....	3
Ciclo estral de las cabras.....	5
2.2. Endocrinología del comportamiento estral.....	6
2.3. Desarrollo y dinámica folicular	7
2.4. Comportamiento sexual de la hembra caprina	9
3. Materiales y métodos	12
3.1. Lugar del experimento	12
3.2. Animales y diseño experimentales	12
3.3. Dinámica folicular	13
3.5. Análisis estadístico	13
4. Resultados	13
5. Discusión	17
6. Conclusión	19
7. Bibliografía.....	20

Índice de cuadros y figuras

Cuadros

Cuadro 1. Etograma de las principales conductas sexuales de la cabra durante el estro.....	11
Cuadro 2. Porcentaje de cabras que realizaron al menos una de las conductas estrales, intervalo entre la aplicación de la hCG y las conductas estrales y el intervalo conductas estrales a la ovulación en cabras sincronizadas con P4 inyectable más hCG (media \pm EEM).....	15

Figuras

Figura 1. Señales del medio ambiente y mecanismos que influyen en el sistema neuroendocrino.....	4
Figura 2 patrón estacional anual de la reproducción de los pequeños rumiantes.	5
Figura 3 Principales eventos que ocurren durante una onda folicular	9
Figura 4. Frecuencia total de las conductas observadas durante el estudio de las cabras que ovularon.....	16
Figura 5. Intervalo de las conductas de celo después de la aplicación de la Hcg.	16

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la relación entre el inicio de las conductas estrales de las cabras con el momento de la ovulación. Se utilizaron 20 cabras alpinas durante la época natural de reproducción (otoño e invierno, 25° LN). Las cabras se sincronizaron con un protocolo a base de progesterona inyectable más hCG. Justo después de la aplicación de la hCG, las cabras fueron monitoreadas dos veces al día por 30 minutos durante 8 días para registrar la frecuencia de las conductas estrales, así como el intervalo entre la aplicación de la hCG y el inicio de las conductas. Las conductas estrales que se registraron fueron los movimientos de la cola (bandereo), vocalizaciones, aproximaciones, olfateo anogenital, montas, intentos de monta, pataleos y Flehmen. Además, se registró el momento de la ovulación con respecto a la aparición de las conductas estrales mediante ultrasonografía. De las conductas estrales registradas durante el estudio, el 80% de las cabras presentó bandereo y vocalizaciones, seguido por aproximaciones, montas, olfateo ano-genital, intentos de monta y Flehmen. La primera conducta observada luego de la aplicación de la hCG fue el bandereo, seguido por las vocalizaciones. El intervalo más corto entre el inicio de las conductas y la ovulación fue la monta, seguido por el Flehmen, los pataleos e intentos de monta. Los resultados indican que las conductas observadas en las cabras alrededor de la ovulación pueden ayudar a predecirla con mayor certeza el inicio del estro y la ovulación en cabras sincronizadas con P4 inyectable más hCG, especialmente en aquellas situaciones en las que no se cuente con machos o estos estén limitados.

Palabras clave: Comportamiento sexual, Caprinos, Inseminación artificial, Reproducción

1. Introducción

Las cabras son animales poliéstricos estacionales de días cortos y son una especie de gran importancia económica especialmente en países en desarrollo (Fatet et al., 2011). En la época reproductiva las cabras presentan varios ciclos estrales que duran 21 días que se dividen en cuatro fases proestro, estro, metaestro y diestro (Fatet et al., 2011). Durante el estro las cabras presentan diversas conductas sexuales las cuales son importantes para que ocurra el apareamiento con el macho. La conducta más específica de que una cabra se encuentra en celo es cuando esta permite que el macho la monte, aunque existen otras conductas como bandereo, vocalizaciones, olfateo anogenital, pataleos, Flehmen, aproximaciones e intentos de monta (Billings & Katz, 1997).

La correcta identificación del celo es de suma importancia ya que permite conocer el momento en que ocurre la ovulación y establecer el momento más adecuado para realizar la monta natural o la inseminación artificial. En las cabras la duración del estro varía de 14 a 48 h, y la ovulación ocurre entre 28 a 37 h después de que la cabra se deja montar por el macho (hacia el final del estro) y cuando el folículo ha alcanzado un diámetro de 7.1 ± 1.0 mm aproximadamente (Simões et al., 2006; González-Maldonado et al., 2021; Greyling & Van Niekerk, 1990). Sin embargo, poco se sabe acerca de las otras conductas de la hembra durante el celo y su relación con el momento de la ovulación. Es por esto por lo que se plantea la realización de este trabajo con la finalidad de determinar la relación entre el inicio de las conductas estrales de las cabras con el diámetro folicular y el momento de la ovulación.

1.1. Objetivo

El objetivo de esta investigación fue determinar la relación entre el inicio de las conductas estrales de las cabras con el momento de la ovulación.

1.2. Hipótesis

La hipótesis de este trabajo fue que las cabras muestran varias conductas estrales al momento de la ovulación.

2. Revisión de literatura

2.1. Estacionalidad reproductiva

Las cabras son animales poliéstricos estacionales de días cortos, es decir, su actividad reproductiva da inicio cuando termina el verano por la disminución de la cantidad de horas luz en el día y termina al final del invierno cuando la cantidad de horas luz comienza a incrementarse. Esta estacionalidad está relacionada a la supervivencia de las crías ya que al concentrar los partos durante la primavera se aseguran una mayor disponibilidad de alimento y un clima más favorable (Rossetti et al., 2020). En la Figura 2 se observa el patrón estacional anual de la reproducción de los pequeños rumiantes dividida en dos: la reproductiva y la de anestro estacional (Dardente et al., 2016). En la Comarca Lagunera localizada en noroeste de México el anestro estacional en cabras Alpinas ocurre de agosto a marzo (Carrillo et al., 2007).

El fotoperiodo es el principal regulador ambiental de la estacionalidad en las cabras, ya que es el responsable de la comunicación del exterior con el interior del animal a través de la secreción de la melatonina (Gatica et al., 2012). La luz es percibida por la retina y envía su señal a través del núcleo supraquiasmático a la glándula pineal la cual secreta melatonina que actúa sobre la glándula pituitaria. Cuando son los días cortos la disminución en la cantidad de horas luz aumenta la secreción de melatonina estimulando la secreción de hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) iniciando la actividad reproductiva (Gatica et al., 2012). La melatonina funciona como la señal principal para la sincronización en relación al fotoperiodo dentro del hipotálamo en la pars tuberalis estimulando la producción de hormona estimulante de la tiroides (TSH) durante los días largos lo que provoca la disminución de la enzima deiodinasa tipo 3 (DIO3) y un incremento en la deiodinasa tipo 2 (DIO2) resultando en un aumento local de la producción de triyodotironina (T3) en el hipotálamo medio basal (MBH) (Dardente et al., 2016).

Con la estimulación de GnRH inicia la secreción de la hormona folículo estimulante (FSH), lo que desencadena el crecimiento de los folículos ováricos aumentando la producción de estrógenos que dará inicio al comportamiento estral o celo y a la hormona luteinizante (LH) que provocará la ovulación (Fatet et al., 2011). Si bien el fotoperiodo es el principal factor que interviene en el control de la reproducción de las cabras también influyen la salud, la nutrición, la raza y la población del hato (López Serna., 2012). En la figura 1 se muestran las señales ambientales y como regulan los mecanismos neuroendocrinos en las cabras.

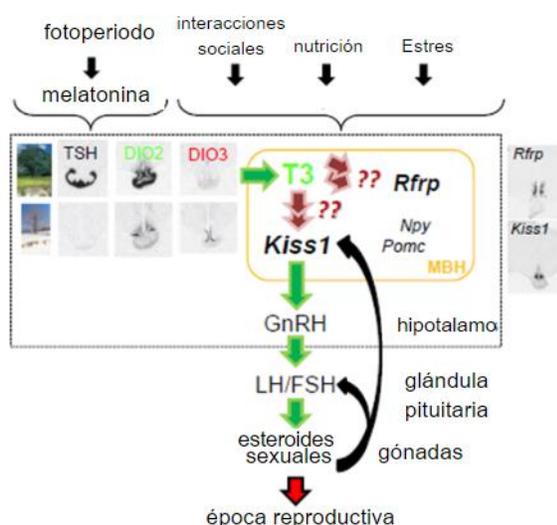


Figura 1. Señales del medio ambiente y mecanismos que influyen en el sistema neuroendocrino. Adaptado de Dardente et al. (2016).

Como se observa en la figura anterior las señales externas afectan el sistema neuroendocrino. La melatonina actúa como la principal señal de la sincronización en el fotoperiodo de días largos dentro del hipotálamo ocurren sucesos directos en la pars tuberalis donde se encuentran glándulas gonadotrofas y tirotrofas que activan la producción de TSH, esto hace que se disminuya el DIO3 y aumenta el DIO2, lo que lleva a un aumento local de la producción de T3 dentro del hipotálamo medio basal (MBH) (Dardente et al., 2016).

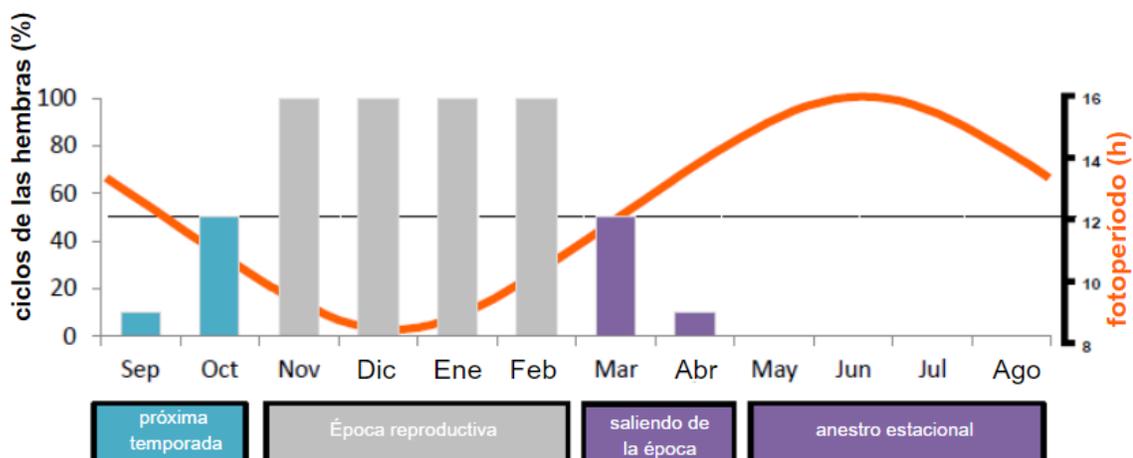


Figura 2 patrón estacional anual de la reproducción de los pequeños rumiantes.

Se puede percibir que el ciclo reproductivo anual se divide en dos épocas que son la época reproductiva y la de anestro estacional marcados por dos periodos de transición. Dardente et al., 2016.

Ciclo estral de las cabras

Durante la época reproductiva, las cabras muestran varios ciclos interovulatorios los cuales tienen una duración de alrededor de 21 días. Cada ciclo estral está conformado por cuatro etapas las cuales son denominadas proestro, estro, metaestro y diestro. Durante cada una de estas etapas las cabras presentan conductas y cambios morfológicos específicos. El proestro se puede tomar como referencia del inicio del ciclo estral de una cabra y es la primera etapa del ciclo estral y se ha mencionado que su duración oscila entre 30-60 h. En esta etapa, comienzan a aumentar los estrógenos y comienza la producción de GnRH. En el ovario ya se encuentra un folículo primario o preovulatorio a la espera de la hormona FSH para que trabaje con potencia logrando un buen crecimiento folicular, la cabra suele mostrar el signo de mucosidad clara secretada de la vagina y se muestra proceptiva hacia el macho (Espinoza-Cervantes et al., 2013). La segunda fase del ciclo es conocida como estro aquí se encuentran folículos maduros, esta fase es la que marca el inicio del ciclo estral. En esta etapa, los niveles de estradiol son elevados y los folículos están listos para su ruptura ya

maduros, ovulan por acción de la hormona LH. En esta fase, por influencia del estradiol la cabra se hace receptiva al macho se muestra inquieta y permite la copula. El estro tiene una duración de 18 - 48 h, de las cuales la ovulación ocurre dentro de las primeras 12-36 horas h o hacia el final del estro (Solís Estrada & Fuentes Rodríguez, 2014). Después del estro la siguiente fase es el metaestro en la cual inicia la formación del cuerpo lúteo y se empiezan a elevar los niveles de progesterona (P4), esta evita que haya nuevos folículos dominantes (Espinoza-Cervantes et al., 2013). En la última etapa conocida como diestro si la cabra mantiene o no la gestación será por la demanda de P4 que se genera para mantener la preñez y de lo contrario se lizará el cuerpo lúteo por acción de la PGF2a que hará una retro alimentación negativa para la P4 y hará que el ciclo vuelva a reiniciarse Finalmente, la última etapa conocida como diestro el cuerpo lúteo alcanza su máximo tamaño y los niveles de P4 se encuentran en sus niveles máximos. Hacia el final del diestro se produce PGF2a por el útero que destruye el cuerpo lúteo iniciándose un nuevo ciclo estral. Por el contrario, si se produjo la ovulación y fecundación, el embrión evitara la secreción de PGF2a, manteniendo el cuerpo lúteo y la gestación hasta su termino (Ungerfeld, 2020).

2.2. Endocrinología del comportamiento estral

Los animales tienen distintas formas para comunicarse entre sí, una de ellas es de manera hormonal, en los mamíferos por detección de moléculas conocidas como feromonas percibidas a través del olfato, esta comunicación es únicamente por especie y las feromonas son detectadas en orina, heces, moco vaginal, saliva y glándulas exocrinas (Sankar Ganesh et al., 2014; Solano-Vergara, 2022). En otras especies como ovejas y ratas el eje hipotalámico-pituitario-suprarrenal e hipotalámico-pituitario-gonadal, esta correlacionado en gran medida con el comportamiento sexual (González et al., 2023). En ovejas hay tres teorías que se relacionan con la influencia de la neuroendocrinología reproductiva y se basa del neuropéptido llamado kisspeptina la primera teoría que se ha formulado habla de un bloqueo y disminución de la síntesis de la kisspeptina lo que provoca un

reducción de la actividad neurológicamente de la GnRH y a su vez esto conduce a un anestro estacional, la segunda dice que el estradiol influye directamente en las kisspeptina y que en consecuencia se reduce la neurohormona y la secreción del GNRH y la tercer posibilidad explica cómo es que la melatonina genera directamente en las neuronas en días largos kisspeptina y libera GnRH y en días cortos se secreta Kisspeptina y se inhibe la GnRH (Beltramo et al., 2020; Arroyo, 2011).

Las feromonas son sustancias químicas, metabolitos como andrógenos, estrógenos, glucocorticoides y derivados de la vitamina D que entran en el conducto vomeronasal y estimulan las neuronas sensoriales en los bulbos olfatorios accesorios de mamíferos (Tekin et al., 2023). En las vacas el moco secretado por la vagina contiene feromonas y esto lo vuelve un atrayente sexual para el semental (Beltramo et al., 2020). El flehmen es una reacción del animal donde eleva su labio superior respirando normalmente con sus fosas nasales cerradas hasta el momento se sabe que esto hace que las feromonas lleguen hasta con conducto vomero nasal en dónde se reconocen estas sustancias (Tekin et al., 2023).

2.3. Desarrollo y dinámica folicular

La formación y desarrollo de los folículos inicia cuando la cabra entra en pubertad (5 y 10 meses de edad). En este tiempo se liberan de 10 a 20 folículos preantrales en cada ciclo, y después los folículos preantrales maduran, comienzan a depositar glicoproteínas en la zona pelúcida. Después de esto se genera una proliferación formando varios folículos denominados folículos en crecimiento que al tiempo formarán parte de las ondas foliculares (López Serna., 2012).

El crecimiento folicular ocurre en ondas. Se tiene el conocimiento que en caprinos ocurren de 2 a 5 ondas foliculares por cada ciclo estral (Rubianes, 2005). El inicio de cada onda folicular está relacionado con un aumento en los niveles de FSH.

Se pueden denominar tres fases de desarrollo por las que tiene que pasar un folículo para madurar y ovular interviniendo la FSH y la LH:

Reclutamiento. Se considera un proceso de formación del folículo y aquí puede permanecer hasta que se desarrolle para la ovulación o hasta que se degenere por falta de estimulación hormonal (Espinoza-Villavicencio et al., 2007). En esta etapa los folículos comienzan a crecer de manera lenta y aproximadamente duran 30 días en crecer tan solo 0.5 mm de diámetro, también comienza a desarrollarse el antro (Rodríguez Ferretiz, 2013).

Selección. Durante la selección, uno o más folículos son seleccionados y comienzan a crecer, mientras que los demás folículos quedan descartados atresándose de manera simultánea. El o los folículos seleccionados deben desarrollar receptores en las células de la granulosa para LH, ahora su desarrollo solo depende de las gonadotropinas, ya puede estar recibiendo también FSH para que el folículo genere E2, aunque en esta fase serán más vulnerables a una atresia por ser tan dependientes de la FSH (Rodríguez Ferretiz, 2013).

Dominancia. Finalmente, durante la dominancia los folículos de menor tamaño que no fueron seleccionados se atresian y ya no hay reclutamiento para la siguiente oleada. Se tiene el conocimiento que cada oleada folicular puede aparecer cada 4 a 6 días (Rubianes, 2005). Los folículos que si alcanzan el tamaño para ovular son muy dependientes de la LH y esto genera la gran acumulación de células de la granulosa y líquido folicular en el antro y el 90% de la responsabilidad de la producción de E2 circulante (Rodríguez Ferretiz, 2013). Se sabe que en mamíferos solo el 0.1 a 0.2% de los folículos llegan a la fase preovulatorio, estos desaparecen por medio de atresia (Weeb et al., 2003). En la figura 3 podemos observar la forma ordenada en que sucede una ovulación.

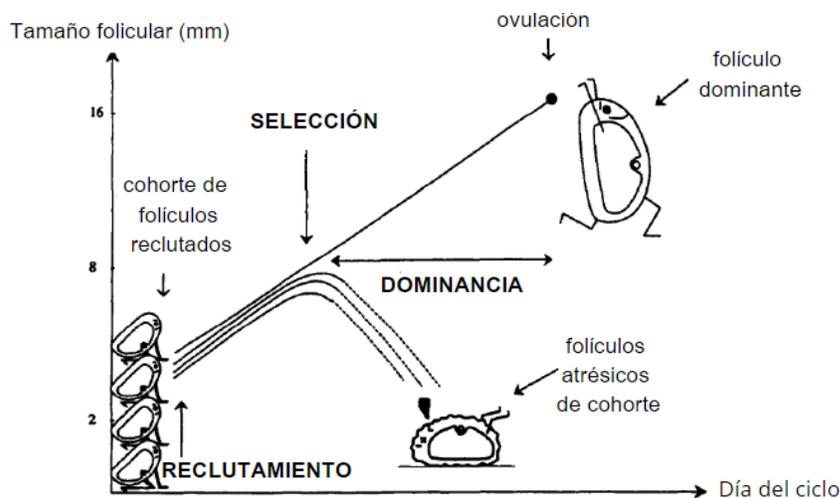


Figura 3 Principales eventos que ocurren durante una onda folicular. Adaptado de Driancourt (2001).

Cuando los folículos se encuentran en la fase del reclutamiento un grupo va creciendo y se van desarrollando, dependiendo de las cantidades de gonadotropina, y al final de la selección los folículos dominantes que hayan logrado llegar hasta esta fase, serán los que la hembra ovule y los demás se atresiarán (Driancourt, 2001).

2.4. Comportamiento sexual de la hembra caprina

La receptividad sexual por parte de las cabras en estro son conductas especie-específicas las cuales generan un reconocimiento hacia el macho antes de que ocurra la cópula, normalmente suelen haber peleas entre los machos ya que todos tienen la capacidad de detectar las conductas, sobre todo mediante el olfato por la percepción de feromonas (Fabre-Nys & Glez, 2007).

Cuando una hembra caprina se encuentra en estro, pasa por tres fases conductuales llamadas: atractividad, proceptividad y receptividad. En la primera fase, conocida como atractividad la hembra elige al macho que le atrae más y normalmente es elegido por las hembras al que tiene el fenotipo más resistente

para continuación de la especie. Todas las hembras que entran en celo son apareadas por un macho al que ya hayan elegido para semental esa selección es individual por cada hembra (Katz, 2007). Esta primera fase es totalmente dependiente de las cantidades de estrógenos (E2) secretados en los ovarios, pero aquí no se percibe ninguna conducta estral o sexual (Fabre-Nys & Glez, 2007). Luego de la fase de atractividad continua la fase proceptividad donde podemos ver el comportamiento de inquietud de la hembra que está buscando al macho y así la ocurrencia de las conductas de la misma y esto se puede contabilizar para tener un buen cálculo y señales de celo en el rebaño. Finalmente, la receptividad es la otra conducta en la que la hembra está muy proceptiva y aparte acepta la monta del macho sin violencia, arqueando sus vertebras de la columna y que tomando la postura de inmovilidad donde queda completamente paralizada permitiendo así que la copula se realice (Haulenbeek, 2009). En el cuadro 1 se describen las principales conductas sexuales de las cabras durante el estro.

Cuadro 1. Etograma de las principales conductas sexuales de la cabra durante el estro

Comportamiento sexual	Descripción	Referencia
Olfateo genital	Es el acercamiento de la nariz hacia el genital que hace que las feromonas sean más percibidas por el epitelio olfatorio y al final por las glándulas olfatorias encontradas en el cerebro.	(Arenas et al., 2018).
Flehmen	La inhalación profunda que se da cuando el macho eleva su labio superior, que provoca que las feromonas lleguen hasta el órgano vomeronasal del macho y pueda detectar a las hembras en celo.	(Ungerfeld, 2020).
Vocalizaciones	El efecto macho suele acompañarse de distintos estímulos como lo son las vocalizaciones que emiten para atraer a la hembra.	(Delgadillo et al., 2008)
Aproximaciones	En ovinos cuando el macho se acerca a la hembra hace que se secrete la hormona LH, por lo tanto, estimula a la ovulación, pero no ovula.	(Delgadillo et al., 2008)
Pataleos	Casi siempre después de haber hecho un olfateo anogenital, el macho o hembra quien haya detectado el celo suelen hacer un tipo de golpeteo hacia el suelo con una de las extremidades delanteras.	(Espinoza Cervantes et al., 2013).
Intentos de monta	Es un tipo de estímulo que el macho ejerce sobre la hebra generando en ella comportamientos sexuales de aceptación al macho.	(García-García et al., 2020)
Monta	Cuando la hembra está receptiva acepta que el macho se monte para que se dé la copula.	(Rodríguez-Castillo et al., 2010).
Bandereo	La hembra ejerce movimientos con el rabo erecto de derecha a izquierda puede con estimulación o no.	(Espinoza-Cervantes et al., 2013).

3. Materiales y métodos

3.1. Lugar del experimento

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Posta Caprina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. La cual se localiza en el municipio de Torreón Coahuila, México durante la época natural de reproducción (otoño e invierno). La región se caracteriza por tener un clima seco con una temperatura media anual de 18 a 22 °C que varía de 37 °C (mayo-agosto) a 0 °C en invierno, y la temperatura más elevada en los meses de mayo a agosto son de 30 °C y la más baja es de 4 °C en el mes de enero. Las lluvias se presentan principalmente en los meses de junio a septiembre con un promedio anual de 266 mm (Estadística y Geografía Inegi, s. f.).

3.2. Animales y diseño experimentales

Para el experimento se utilizaron 20 cabras Alpinas-Frances, las hembras que utilizamos para este experimento fueron cabras multíparas. Durante todo el experimento las cabras se alojarán en corrales abiertos provistos de sombra con libre acceso a agua fresca y limpia, así como a los minerales; y se alimentaron una vez al día de acuerdo con sus necesidades nutrimentales con una dieta a base de heno de alfalfa y concentrado. Las cabras se sincronizaron con un protocolo a base de progesterona inyectable más hCG. Este protocolo consiste en la aplicación de una dosis de 20 mg de P4 (Progesterona, Zoetis, México) intramuscular y PGF2 α (75 μ g intramuscular de D-Cloprostenol, Prostagenol-D, Internacional Prode S.A. de C.V.) seguidas 24 h después por la aplicación de 100 UI de hCG (Chorulon, Intervet, México) vía intramuscular (Alvarado-Espino et al., 2016). Después de la aplicación de la hCG en las cabras se comenzó con la observación de la conducta estral de las cabras dos veces al día del día 1 (aplicación de hCG) al día 8. Las conductas registradas fueron las siguientes:

- Movimiento de la cola (bandereo)
- Vocalizaciones
- Aproximaciones

- Olfateo anogenital
- Montas
- Intentos de monta
- Pataleos
- Flehmen

Se registró la frecuencia de las conductas. Las cabras fueron identificadas con el número de arete. Las conductas se registraron por un tiempo de 30 min. Se registró la frecuencia de las conductas estrales, el intervalo entre el inicio del celo y la ovulación, y el momento de la ovulación con respecto a la aparición de las conductas estrales.

3.3. Dinámica folicular

La dinámica folicular se evaluó mediante ultrasonografía transrectal Modo B con un transductor de 7.5 MHz (Aloka SSD 500, Tokio, Japón). Esta se realizó cada 12 h iniciando después de la aplicación de la hCG. Se registraron el número y diámetro de los folículos ováricos y el momento de la ovulación determinada como la desaparición del folículo preovulatorio (≥ 5 mm) visto en los ultrasonidos previos.

3.5. Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva (media, desviación estándar y porcentaje) donde se determinó la frecuencia total de las conductas observadas en las cabras que ovularon, porcentaje de cabras en las que se observó alguna de las conductas de celo y el momento en que ocurrieron las conductas observadas después de la aplicación de la hCG.

4. Resultados

En las cabras la ovulación ocurrió 94.8 ± 36.1 h después de la aplicación de la hCG. El número de ovulaciones fue de 2.2 ± 0.5 y el diámetro del folículo a la ovulación fue de 8.2 ± 1.7 mm. De las conductas estrales registradas durante el estudio, el 80% de las cabras presento bandereo y vocalizaciones, seguido por aproximaciones, montas, olfateo ano-genital, intentos de monta y Flehmen (Cuadro 2). El intervalo entre la aplicación de la hCG y la observación por primera

vez de la conducta se muestra en el cuadro 2. La primera conducta observada luego de la aplicación de la hCG fue el bandereo, seguido por las vocalizaciones. El intervalo más corto entre el inicio de las conductas y la ovulación fue la monta, seguido por el Flehmen, los pataleos e intentos de monta.

Los resultados de las frecuencias de las conductas estrales observadas en las cabras que ovularon se muestran en la figura 4. Como puede observarse la principal conducta fue el bandereo seguido por las vocalizaciones, aproximaciones y olfateos anogenitales. En la figura 5 se observa el momento en que ocurrieron las conductas observadas después de la aplicación de la hCG, las conductas que fueron más percibidas son olfateos anogenitales y aproximaciones, presentándose a las 48 horas posteriores a la aplicación de la gonadotropina.

Cuadro 2. Porcentaje de cabras que realizaron al menos una de las conductas estrales, intervalo entre la aplicación de la hCG y las conductas estrales y el intervalo conductas estrales a la ovulación en cabras sincronizadas con P4 inyectable más hCG (media \pm EEM).

	Olfateo anogeni tal	Aproximacio nes	Patale os	Intent os de monta	Mont a	Bander eo	Vocalizacio nes	Flehm en
Cabras (%)	60	75	40	50	63	80	80	15
Interval o hCG- conduct a (h)	54.0 \pm 2.6	48.0 \pm 3.3	58.5 \pm 3.6	62.4 \pm 3.0	56.0 \pm 3.6	44.0 \pm 5.1	56.8 \pm 4.8	52.0 \pm 4.1
Interval o conduct a- ovulaci ón (h)	42.0 \pm 7.2	49.7 \pm 7.4	31.5 \pm 9.3	31.2 \pm 7.9	28.0 \pm 8.1	49.3 \pm 8.1	39.2 \pm 8.8	28.0 \pm 5.6

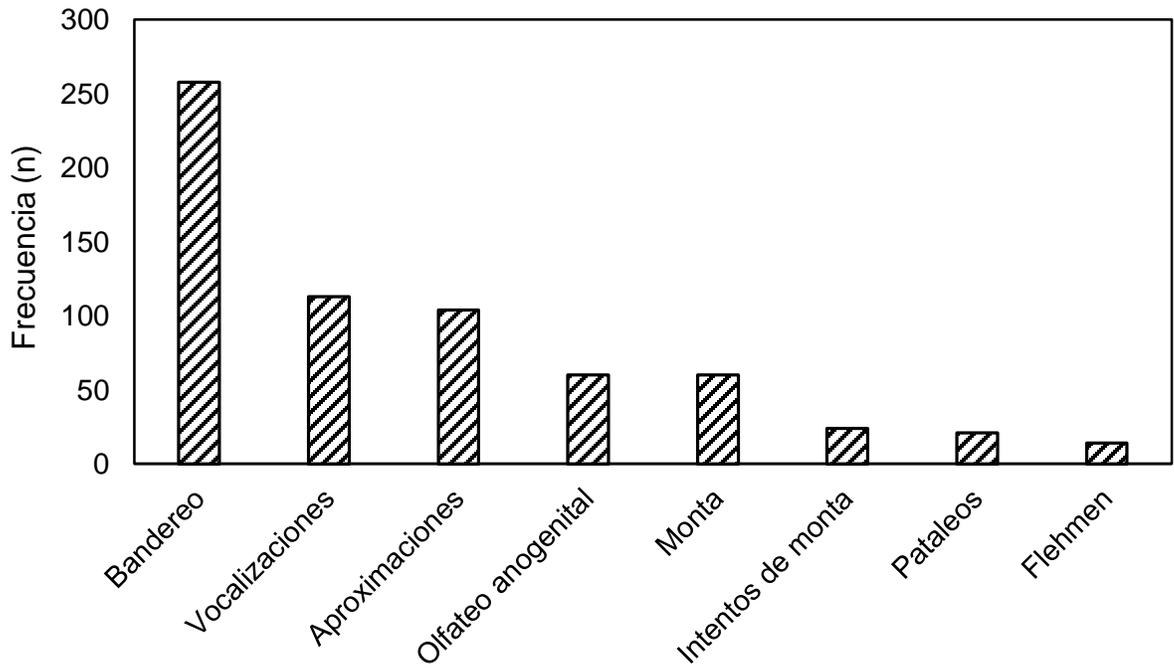


Figura 4. Frecuencia total de las conductas observadas durante el estudio de las cabras que ovularon.

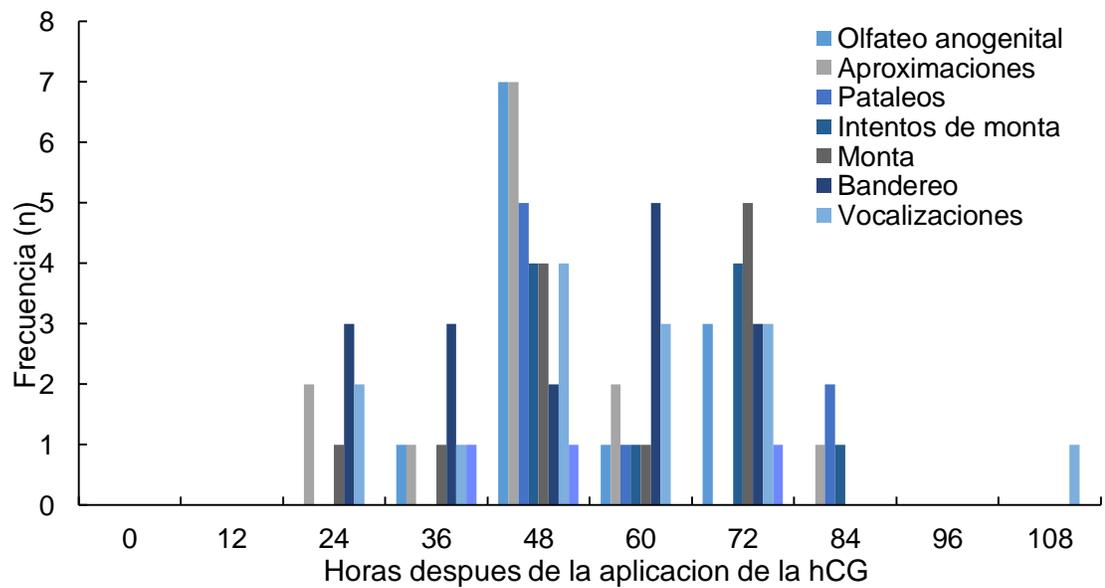


Figura 5. Intervalo de las conductas de celo después de la aplicación de la hCG.

5. Discusión

Durante el estro las cabras exhiben una serie de comportamientos que tienen una importancia significativa para el apareamiento exitoso de las hembras y los machos. La correcta identificación del celo y su duración son esenciales para realizar adecuadamente la inseminación artificial (IA), ya que, tradicionalmente se ha recomendado que las cabras sean inseminadas después del inicio del celo debido a su relación con el momento de la ovulación (Endo et al., 2015; Romano 2018; Menchaca et al., 2006). Históricamente, el inicio del estro ha sido definido cuando la hembra permanece inmóvil al ser montada por el macho, no obstante, el comportamiento exhibido por una hembra en estro es diverso e incluye desde acercarse a los machos, olfatear, montar a otras hembras y el bandereo (Endo et al., 2015). Estos comportamientos son utilizados por las hembras para iniciar o mantener interacciones sexuales con los machos y mantenerlo cerca para el apareamiento (Shearer y Katz, 2006). De las conductas registradas en el presente trabajo, el 80% de las cabras que ovularon realizaron vocalizaciones y bandereos, seguido por aproximaciones a otras cabras. Estas conductas son importantes ya que son una forma de atraer visualmente a los machos desde la distancia y/o ayudar a distribuir las feromonas de la región anogenital y mantener la proximidad con otras hembras (Doherty et al., 1987). Por su parte, el montarse hembras con hembras y los intentos de montas atrae la atención del macho y son más frecuentes cuando no hay ningún macho cerca o cuando su capacidad para interactuar con las hembras se reduce (Shearer y Katz, 2006). Estas conductas hacen que las hembras compitan por la atención de los machos, favoreciendo la selección y la evolución de señales que indiquen su fecundidad y/o atracción de los machos (Clutton-Brock, 2009).

Como en la mayoría de los mamíferos, existe mucha evidencia de que los esteroides ováricos juegan un papel importante en el control del comportamiento sexual de la hembra (Fabre-Nys, 2000). Las conductas son controladas principalmente por el estradiol y la progesterona. Al inicio de la época reproductiva, la progesterona parece ser necesaria para la manifestación del comportamiento sexual, aunque, el estradiol solo es suficiente para inducir el celo

en cabras (Katz, 2007). Los cambios hormonales que ocurren alrededor del momento del celo en los rumiantes domésticos y roedores mostró que un aumento en la concentración de estradiol (E2) siempre precede a la expresión del comportamiento sexual en 1 a 2 días (Fabre-Nys, 2007). El aumento de las concentraciones periféricas de E2, secretado por los folículos más grandes induce el comportamiento estral y actúa como un sistema de retroalimentación positivo en el eje gonadotrópico provocando un aumento en la secreción de GnRH y posteriormente un pico preovulatorio de LH que induce la ovulación 20-26 h más tarde y posteriormente luteinización de las células foliculares (Fatet et al., 2011).

El momento exacto de la ovulación en relación con el inicio del celo es variable, oscilando entre las 9 h y las 37 h, y generalmente se informa que ocurre hacia el final del celo (Fatet et al., 2011). En cabras sincronizadas con tratamientos hormonales durante y fuera de la época reproductiva, el intervalo entre el celo y la ovulación también varía de acuerdo al tratamiento empleado. En cabras sincronizadas con un protocolo corto a base de CIDR más Gonadotropina coriónica equina eCG el intervalo entre el retiro del dispositivo y al inicio el celo es de 27 a 31 h y la ovulación ocurre 60 h después (Menchaca et al., 2007; (Salleh et al., 2021). Por otra parte, las cabras tratadas con un protocolo a base de P4 inyectable más hCG el inicio del celo fue entre 48 y 60 h post-inyección de hCG y la ovulación entre las 72 y 94 h (Alvarado-Espino et al., 2019). Las conductas observadas coinciden con lo reportado por Alvarado-Espino et al. (2019) ya que la mayoría iniciaron entre las 44 y 62 h después de aplicada la hCG. Sin embargo, el intervalo entre el inicio de las conductas estrales y el momento de la ovulación fue más variable.

6. Conclusión

Los resultados indican que las conductas observadas en las cabras alrededor de la ovulación pueden ayudar a predecirla con mayor certeza el inicio del estro y la ovulación en cabras sincronizadas con P4 inyectable más hCG, especialmente en aquellas situaciones en las que no se cuente con machos o estos estén limitados.

7. Bibliografía

- Alvarado-Espino, A., Meza-Herrera, C., Carrillo, E., González-Álvarez, V., Guillen-Muñoz, J., Ángel-García, O., Mellado, M., & Véliz-Deras, F. (2016). Reproductive outcomes of Alpine goats primed with progesterone and treated with chorionic gonadotropin during the anestrus-to-estrus transition season. *Animal Reproduction Science*, 167, 133-138. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.02.019>.
- Alvarado-Espino, A. S., Menchaca, A., Meza-Herrera, C. A., Mellado, M., Arellano, F., & Véliz, F. (2019). Use of injectable progesterone and hCG for fixed-time artificial insemination during the non-breeding season in goats. *Theriogenology*, 127, 21-25. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.12.035>.
- Álvarez Ramírez, L., & A Zarco Quintero, L. (2001). Los fenómenos de bioestimulación sexual en ovejas y cabras. *Redalyc*, 32. <https://www.redalyc.org/pdf/423/42332205.pdf>
- Arenas, A. G., Neyra, A. R., Jiménez, B., Arroyo, I. C., Méndez, I., Carrasco, M. E. L., De Jesús Gómez, M., & Haces, M. L. (2018). Los mensajeros químicos del sistema neuroinmunoendócrino. *Educación Química*, 12(3), 158. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2001.3.66343>.
- Arroyo, J. (2011). Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Tropical And Subtropical Agroecosystems*, 14, 829-845. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S187004622011000300001&script=sci_abstract&tls.
- Barman, P., Das, P. K., Das, A., & Das, S. (2022, 30 junio). *Effect of Estrus and Diestrus Urine on Libido of Buffalo (Bubalus bubalis) Bulls*. https://ijlr.org/ojs_journal/index.php/ijlr/article/view/108.

- Beltramo, M., Robert, V., & Decourt, C. (2020). The kisspeptin system in domestic animals: what we know and what we still need to understand of its role in reproduction. *Domestic Animal Endocrinology*, 73, 106466. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106466>.
- Billings, H., & Katz, L. (1997). Progesterone Facilitation and Inhibition of Estradiol-Induced Sexual Behavior in the Female Goat. *Hormones And Behavior*, 31(1), 47-53. <https://doi.org/10.1006/hbeh.1997.1356>.
- Carrillo, E., Véliz, F. G., Flores, J. A., & Delgadillo, J. A. (2007). El decremento en la proporción macho-hembras no disminuye la capacidad para inducir la actividad estral de cabras anovulatorias. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61345306>.
- Clutton-Brock, T. (2009). Cooperation between non-kin in animal societies. *Nature*, 462(7269), 51-57. <https://doi.org/10.1038/nature08366>.
- Dardente, H., Lomet, D., Robert, V., Decourt, C., Beltramo, M., & Pellicer-Rubio, M. (2016). Seasonal breeding in mammals: From basic science to applications and back. *Theriogenology*, 86(1), 324-332. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.045>.
- Delgadillo, J. A., Vielma, J., Flores, J. A., Véliz, F. G., Duarte, G., & Hernández, H. (2008). The stimulus quality provided by the buck determines the response of the female goats submitted to the male effect. *Tropical And Subtropical Agroecosystems*, 9, 39-45.
- Doherty, W. C., Price, E. O., & Katz, L. S. (1987). A note on activity monitoring as a supplement to estrus detection methods for dairy goats. *Applied Animal*

Behaviour Science, 17(3-4), 347-351. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(87\)90157-2](https://doi.org/10.1016/0168-1591(87)90157-2)

Driancourt, M. (2001). Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology*, 55(6), 1211-1239. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(01\)00479-4](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(01)00479-4).

Endo, N., Rahayu, L. P., Arakawa, T., & Tanaka, T. (2015). Video tracking analysis of behavioral patterns during estrus in goats. *Journal Of Reproduction And Development*, 62(1), 115-119. <https://doi.org/10.1262/jrd.2015-118>.

Espinoza Cervantes, R. E., Cordova Izquierdo, A. C., & Soto González, R. S. (2013). Comportamiento sexual en ovinos y caprinos. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 13. <https://sociedadesruralesojs.xoc.uam.mx/index.php/srpma/article/view/247>.

Espinoza-Villavicencio, J. L., Ortega-Pérez, R., Palacios-Espinosa, A., Valencia-Méndez, J., & Aréchiga-Flores, C. F. (2007b). Crecimiento folicular ovárico en animales domésticos: Una revisión. *Redalyc.org*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932204>.

Estadística y Geografía Inegi, I. N. (s. f.). Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). <https://inegi.org.mx/>.

Fabre-Nys, C., & Gelez, H. (2007). Sexual behavior in ewes and other domestic ruminants. *Hormones And Behavior*, 52(1), 18-25. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.04.001>.

Fatet, A., Pellicer-Rubio, M., & Leboeuf, B. (2011). Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science*, 124 (3-4), 211-219.

<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.029>.

García García, R., García y González, E., Valencia Franco, E., Ruiz Ortega, M., Hernández Ruiz, P., & Ponce Covarrubias, J. L. (2020). Sexual behavior of male goats exposed to goats in estrus. <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/220/200>

Gatica, M. C., Celi, I., Guzmán, J. L., & Zarazaga, L. A. (2012). Utilización de implantes de melatonina para el control de la reproducción en caprinos Mediterráneos. *Redalyc*, 13, 1-15. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63624631004.pdf>

González-Maldonado, J., Martínez-Moreno, E. A., Domínguez-Caballero, J. F., Herrera-Corredor, C., & Gallegos-Sánchez, J. (2021). Reproductive management of the goat. *Agro Productividad*, V. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i8.2059>.

González, F., Sifuentes, L., Ulloa-Arvizu, R., Peiró, M. P., Duarte, G., & Fernández, I. (2023). Group or individual housing does not reduce socio-sexual and reproductive responses in anestrus goats during the first contact with the photo-stimulated buck. *Domestic Animal Endocrinology*, 82, 106772. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2022.106772>.

Greyling, J., & Van Niekerk, C. (1990). Ovulation in the boer goat doe. *Small Ruminant Research*, 3(5), 457-464. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(90\)90076-i](https://doi.org/10.1016/0921-4488(90)90076-i).

Haulenbeek, A. M. (2009). Partner preference and sexual performance in male goats, *Capra hircus*. Rutgers University. <https://doi.org/10.7282/t3513zcn>.

Imwalle, D. B., Lehrer, A. R., & Katz, L. S. (2007). Intravaginal impedance and sexual behavior of ovariectomized goats given estrogen alone or in combination with progesterone¹. *Journal Of Animal Science*, 85(8), 1908-1913. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0096>.

- Katz, L. S. (2007). Sexual behavior of domesticated ruminants. *Hormones and Behavior*, 52(1), 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.012>.
- López Serna, N. (s. f.). Gametogénesis y ovogénesis. McGraw Hill Medical. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1476&ionid=95223079>.
- Menchaca, A., Miller, V., Salveraglio, V., & Rubianes, E. (2006). Endocrine, luteal and follicular responses after the use of the Short-Term Protocol to synchronize ovulation in goats. *Animal Reproduction Science*, 102(1-2), 76-87. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.10.001>
- Rodríguez Castillo, J. R., Pro Martínez, A. M., Villanueva C, A., & Gallegos Sánchez, J. (2010). Duración del celo y pico preovulatorio de LH en cabras Boer x nubia sincronizadas con diferentes hormonas en latitud tropical de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 18, 33-40. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20123000668>.
- Rodríguez Ferretiz, F. R. (2013, 1 noviembre). Respuesta al estro y población folicular de cabras suplementadas con propionato de calcio en la estación reproductiva. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3423>.
- Rossetti, C. R., Florencia Bruttomesso, M. F., Rey Melcon, P. R., Castaño Zubieta, R. C., & Ignacio Mellano, J. I. (2020). The use of ultrasonography to diagnose pregnancy in naturally paired Argentine creole crossbred does during the breeding season. *Revista Medicina Veterinaria*, 101, 1-6. [https://www.someve.com.ar/images/revista/2020/Vol101\(3\)/Pag-1-6-Rossetti.pdf](https://www.someve.com.ar/images/revista/2020/Vol101(3)/Pag-1-6-Rossetti.pdf).

- Rubianes, E. (2005). Avances en el conocimiento de la fisiología ovárica de los pequeños rumiantes y su aplicación para el manejo reproductivo. Sitio Argentino de Producción Animal, 1-6. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/inseminacion_transferencia_caprino/23-fisiologia_ovarica.pdf
- Romano, J. E., Keisler, D. H., & Amstalden, M. (2018). Effect of copulation on estrus duration, LH response, and ovulation in Boer goats. *Theriogenology*, 121, 62-66. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.07.018>
- SankarGanesh, D., Ramachandran, R., Muniasamy, S., Saravanakumar, V. R., Suriyakalaa, U., Kannan, S., Archunan, G., & Achiraman, S. (2014). A correlation of fecal volatiles and steroid hormone profiles with behavioral expression during estrous cycle of goat, *Capra hircus*. *General And Comparative Endocrinology*, 206, 178-183. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2014.07.028>.
- Salleh, S. M., Basri, A. M. H., & Yaakub, H. (2021). Study of sexual behaviours with different types of estrus synchronization protocols in Boer goats. *Animal Reproduction*, 18(3). <https://doi.org/10.1590/1984-3143-ar2020-0038>.
- Shearer, M. K., & Katz, L. S. (2006). Female–female mounting among goats stimulates sexual performance in males. *Hormones And Behavior*, 50(1), 33-37. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2006.01.001>
- Simões, J., Almeida, J. C., Valentim, R., Baril, G., De Azevedo, J. M. T., Fontes, P. J., & Mascarenhas, R. (2006). Follicular dynamics in Serrana goats. *Animal Reproduction Science*, 95(1-2), 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.09.005>.

Solano-Vergara, J. J. (2022, 5 octubre). Peculiaridades de las feromonas en los animales de granja. *Acta Agrícola y Pecuaria*, <https://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/182>.

Solís Estrada, K. P., & Fuentes Rodríguez, J. M. (2014). Manejo reproductivo de la cabra. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 37, 1-6. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/inseminacion_transferencia_caprino/43-Manejo_Reproductivo.pdf.

Tekin, S., Akgün, E. E., & Ömür, A. D. (2023). A neuroscience-based approach to the assessment of sexual behavior in animals. *Frontiers In Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1136332>.

Ungerfeld, R. (2020). Reproducción de los animales domésticos.

Weeb, R., Nicholas, B., Gong, J. G., Campbell, B. K., Gutierrez, C. G., Garverick, H. A., & Armstrong, D. G. (2003). Mechanisms regulating follicular development and selection of the dominant follicle. *PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14635928/>.