

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL



Relación entre el momento de la aplicación de progesterona y hCG
sobre la respuesta estral y luteal en cabras anovulatorias

Por:

CARLOS DANIEL ZAMORA LÓPEZ

TESIS:

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreon, Coahuila, Mexico

Noviembre, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL

Relación entre el momento de la aplicación de progesterona y hCG sobre la
respuesta estral y luteal en cabras anovulatorias

Por:

CARLOS DANIEL ZAMORA LÓPEZ

TESIS

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

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

F. A. - 11 - R.

Dr. Fernando Arellano Rodríguez

Presidente

Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino

Vocal

Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras

Vocal

Dr. Oscar Ángel García

Vocal suplente

MC. José Luis Francisco Sandoval Elías

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México. Noviembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL

Relación entre el momento de la aplicación de progesterona y hCG sobre la
respuesta estral y luteal en cabras anovulatorias

Por:

CARLOS DANIEL ZAMORA LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el comité de asesoría:

F. A. 11-2

Dr. Fernando Arellano Rodríguez

Asesor Principal

Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino

Coasesor

Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras

Coasesor

Dr. Oscar Angel García

Coasesor

MC. José Luis Francisco Sandoval Elías

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México. Noviembre 2022

AGRADECIMIENTOS

A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, por permitirme tener una educación profesional de calidad y poder coincidir con excelentes docentes y compañeros durante mi formación académica.

Dr. Fernando Arellano Rodríguez, por permitirme formar parte de este trabajo de investigación y como del equipo que lo conformaron, así también por los conocimientos que me dio mediante paciencia y trabajo.

Dr. Alan Sebastian Alvarado Espino, por su labor como asesor, maestro y amigo que fueron muy importantes durante el trabajo de campo y la redacción de la tesis.

Dr. Francisco Gerardo Veliz Deras, gracias por poder formar parte del equipo durante la elaboración y revisión de la tesis.

Dr. Oscar Ángel García, gracias por poder formar parte del equipo durante la elaboración y revisión de la tesis.

A todos los docentes y compañeros que fueron parte importante de esta etapa de mi vida, en especial Eduardo Guevara, Arturo Rodríguez, Danier Morales, Helder Muñoz, Aridai Sedano y Mayte Lozoya.

DEDICATORIAS

A **MI MADRE**, Berenice Zamora López por estar siempre ahí presente incluso en la distancia, y por brindarme el apoyo y el aliento para poder cumplir mis metas.

A **MI ABUELA**, María Trinidad Lopez Zamora y a mis tíos, por todo el apoyo que recibí de su parte a lo largo de todo este tiempo.

A **MIS HERMANOS** Diego Armando y Juan José, los quiero y les estimo, y espero que también puedan lograr todos sus sueños y anhelos.

A Sara Judith Hurtado Crisóstomo, agradezco infinitamente todo el apoyo y buenos momentos que hemos compartido desde que nos conocimos.

RESUMEN

En los sistemas de producción caprinos las hembras experimentan un periodo de anestro estacional durante la primavera y parte del verano, lo cual representa una limitante en la producción de leche y cabritos. Los tratamientos hormonales para inducir y sincronizar el estro y la ovulación representan una alternativa para programar los partos y la producción de leche y cabrito. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar si el intervalo entre la aplicación de la progesterona (P4) y la gonadotropina corionica humana (hCG) afecta la respuesta estral y la ovulación en cabras en anestro. El estudio fue realizado en un hato ubicado en el municipio de Torreón, Coahuila (25° N y 103° O y a 1, 1120 msnm). Para el estudio se emplearon 20 cabras locales, adultas, anovulatorias y mantenidas en un sistema intensivo. La anovulación en las cabras fue determinada mediante ultrasonografía por la ausencia de cuerpos lúteos (CL). Las cabras fueron divididas en dos grupos experimentales con base en su peso y condición corporal. Un grupo fue tratado con 20 mg de P4 IM 24 h previo a la aplicación de hCG (n= 10; -24h P4+hCG) mientras que el otro grupo fue tratado con 20 mg de P4 IM 48 h previas a la aplicación de la hCG (n= 10; -48h P4+hCG). Ambos grupos fueron tratados con una dosis de 100 UI de hCG vía IM (Día 0). La respuesta estral y tasa ovulatoria fueron similares en ambos grupos experimentales (95%, $P>0.05$). El número de CL así como el diámetro de los folículos preovulatorios no difirieron entre tratamientos ($P>0.05$). Sin embargo, el intervalo al estro y a la ovulación luego de la aplicación de la hCG ocurrieron antes en el grupo -48hP4+hCG (30.0 ± 8.5 h y 61.2 ± 8.9 h) que en el grupo -24hP4+hCG (52.0 ± 6.0 h y 76.0 ± 10.4 h), respectivamente. Los niveles séricos de P4 al momento de la aplicación de la hCG fueron significativamente menores ($P<0.05$) en el grupo -48hP4+hCG (1.5 ± 0.5 ng/mL) que en el grupo -24hP4+hCG (2.2 ± 0.9 ng/mL). Finalmente, los niveles de P4 al día 7 después de la aplicación de la hCG fueron mayores ($P<0.05$) en el grupo -48hP4+hCG que en el grupo -24hP4+hCG (6.8 ± 3.1 y 4.9 ± 0.7 ng/mL, respectivamente). En conclusión, el intervalo entre la aplicación de la P4 y la hCG influye en el intervalo al estro y la ovulación, así como en los niveles séricos de P4 el día 7 después de la aplicación de la hCG.

Palabras clave: Cabras, anovulatorias, hCG, progestágenos, Leche

INDICE

| | Pags. |
|---|-------|
| AGRADECIMIENTOS | i |
| DEDICATORIAS | ii |
| RESUMEN | iii |
| ÍNDICE | iv |
| ÍNDICE DE CUADROS | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | v |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Objetivo | 2 |
| 1.2 Hipótesis | 2 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 Fisiología de la reproducción en caprinos | 3 |
| 2.1.1 Estacionalidad reproductiva | 3 |
| 2.1.2 Regulación neuroendocrina de la actividad reproductiva | 4 |
| 2.1.3 Ciclo estral | 4 |
| 2.2 Tratamientos hormonales de inducción y sincronización del anestro | 8 |
| 2.2.1 Tratamientos convencionales | 8 |
| 2.2.2 Tratamientos a base de P4 inyectable más hCG | 9 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS | 11 |
| 3.1 Localización del estudio, animales y manejo | 11 |
| 3.2 Diseño experimental | 11 |
| 3.3 Variables evaluadas | 12 |
| 3.4 Análisis de P4 | 12 |
| 3.5 Análisis estadístico | 12 |
| 4. RESULTADOS | 14 |
| 5. DISCUSIÓN | 17 |
| 6. CONCLUSIÓN | 19 |
| 7. REFERENCIAS | 20 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|---|------|
| Cuadro 1 Respuesta reproductiva obtenida en cabras tratadas con 20 mg de P4 inyectable seguidas de 100 UI de hCG 24 o 48 h después de la administración de la P4 | 15 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1 Representación esquemática de los diferentes eventos fisiológicos que ocurren durante el ciclo estral en cabras: patrón de desarrollo folicular, ciclo ovárico y regulaciones endocrinas. | 5 |
| Figura 2 Porcentaje de cabras en celo después del tratamiento con 20 mg de P4 48 (-48hP4+hCG, n=10) o 24 h antes (-24hP4+hCG, n=10) de la administración de la hCG | 16 |
| Figura 3 Intervalo a la ovulación de las cabras tratadas con 20 mg de P4 48 (-48hP4+hCG, n=10) o 24 h antes (-24hP4+hCG, n=10) de la administración de la hCG | 16 |

1. INTRODUCCIÓN

La importancia mundial de la producción de cabras ha sido señalada recientemente por su potencial como un animal de doble propósito para disminuir la pobreza en el medio rural y el crecimiento de las poblaciones minoritarias en varios países que tienen fuerte preferencia por la carne y leche de cabra (Merlos et al., 2008). En México, la producción de cabras se concentra en las regiones áridas y semiáridas donde prevalecen la pobreza, la escasez de agua, la sequía y donde la mayoría de los sistemas de producción pertenecen a productores con escasos recursos, dependientes del pastoreo en tierras comunales y con baja productividad (Escareño et al., 2011).

La Comarca Lagunera (ubicada en los estados de Coahuila y Durango) es la principal región productora de leche de cabra en México (Maldonado et al., 2018). El aporte de Coahuila representa el 27.4% del volumen total producido de leche de cabra, mientras que Durango aporta el 15.5% (SIAP, 2020). En esta región, durante una temporada del año, las cabras manifiestan celos con ovulaciones fértiles, esta condición provoca que la producción (leche y cabritos) sea también estacional, lo que dificulta la comercialización de los productos (De Santiago-Miramontes et al., 2011).

El uso de biotecnologías reproductivas para la inducción y sincronización del estro en la especie caprina ha facilitado la organización del manejo, sobre todo en lo que respecta a concentrar las épocas de empadre y partos, y por lo tanto la producción además de la posibilidad de implementar un programa de mejora genética utilizando inseminación artificial (Jorrat et al., 2014). Los tratamientos utilizados para la inducción y sincronización del estro y la ovulación en pequeños

rumiantes, involucran la aplicación de progesterona (P4) y/o progestágenos sintéticos, en conjunto con la administración intramuscular de gonadotropina coriónica equina (eCG) (Gonzalez-Bulnes et al., 2020). Estudios recientes han mostrado la efectividad del uso de P4 inyectable en conjunto con la hCG administrada 24 h después para inducir el celo en hembras acíclicas nulíparas y múltiparas y realizar la inseminación artificial a tiempo fijo (Alvarado-Espino et al., 2016; 2019). Sin embargo, el efecto del intervalo entre la aplicación de la P4 y la hCG sobre la respuesta estral y ovárica en cabras anovulatorias no se ha evaluado aún. Los resultados de este trabajo permitirán conocer la respuesta ovárica y hormonal en cabras anovulatorias luego de la utilización de este protocolo.

1.1 Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue comparar la respuesta reproductiva de las cabras anovulatorias tratadas con P4 inyectable 48 o 24 h antes de la administración de la hCG.

1.2 Hipótesis

La hipótesis del presente trabajo fue que el momento de la aplicación entre la P4 y la hCG influye sobre la respuesta reproductiva en cabras anovulatorias.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Fisiología de la reproducción en caprinos

2.1.1 Estacionalidad reproductiva

Los caprinos tienen un patrón estacional en su actividad reproductiva regulada principalmente por el fotoperiodo. Esto significa que las hembras presentan actividad estral durante una parte del año cuando la cantidad de horas luz va disminuyendo (otoño – invierno) y cuando la cantidad de horas luz se va incrementando (primavera – verano) permanecen en anestro (Mellado et al., 2014). Al igual que las hembras, en los machos disminuye la libido y la calidad espermática (Carrillo et al., 2010). Este patrón estacional se regula fundamentalmente por el aumento o la disminución diaria de luz solar o fotoperiodo (Balara et al., 2018). La luz entra a través de la retina y cuando la cantidad de horas luz comienza a disminuir durante la temporada otoño-invierno (noches más largas, días más cortos) estimula la secreción de melatonina por la glándula pineal (Gómez-Brunet et al., 2012). La melatonina actúa promoviendo la secreción de la GnRH del hipotálamo que a su vez estimula la producción de la LH y FSH actuando sobre el ovario provocando el crecimiento de los folículos y eventualmente la ovulación y en los machos actúan sobre los testículos mejorando la calidad espermática y el comportamiento sexual (Gómez-Brunet et al., 2012).

En el hemisferio norte la mayoría de las razas caprinas presentan celo y ovulaciones de manera cíclica durante los meses de agosto a febrero y dejan de ciclar en los meses de marzo a julio (Amoah et al., 1996). En la Comarca Lagunera, las cabras denominadas Criollas o Locales muestran un patrón estacional similar al de las razas criadas u originarias de regiones templadas, presentando actividad

estral y ovulaciones en los meses de agosto a febrero y entran en anestro en los meses de marzo a julio (Duarte et al., 2008). Por otra parte, además del fotoperiodo otros factores ambientales como la alimentación pueden prolongar o acortar el anestro estacional de las cabras (De Santiago-Miramontes et al., 2009).

2.1.2 Regulación neuroendocrina de la actividad reproductiva

La actividad reproductiva de las cabras está regulada por el eje hipotalámico-pituitario-gonadal el cual juega un papel significativo en la regulación y secreción de gonadotropinas hipofisarias y factores inhibidores (Luo et al., 2019). El hipotálamo produce la GnRH la cual induce a las células gonadotropas de la glándula pituitaria anterior a liberar FSH que induce el desarrollo de los folículos ováricos que contienen un óvulo, y LH que provoca la maduración y la ovulación del o los folículos ováricos maduros (Fatet et al., 2011). Además, la LH induce la luteinización de las células de la teca y de la granulosa luego de la ovulación y forman el CL que produce P4, la cual es necesaria para el establecimiento y desarrollo de la gestación (Bazer, 2020).

2.1.3 Ciclo estral

Como se mencionó anteriormente, durante la época reproductiva, las cabras presentan una serie de cambios fisiológicos y morfológicos en el aparato reproductor conocidos como ciclo estral (Figura 1; Fatet et al., 2011). El ciclo estral tiene una duración de 21 días en promedio y se suele dividir en cuatro fases denominadas proestro, estro, metaestro y diestro; aunque se puede simplificar dividiéndolo de acuerdo con las estructuras predominantes en el ovario en dos fases denominadas fase folicular y fase lútea (Reece y Rowe, 2017).

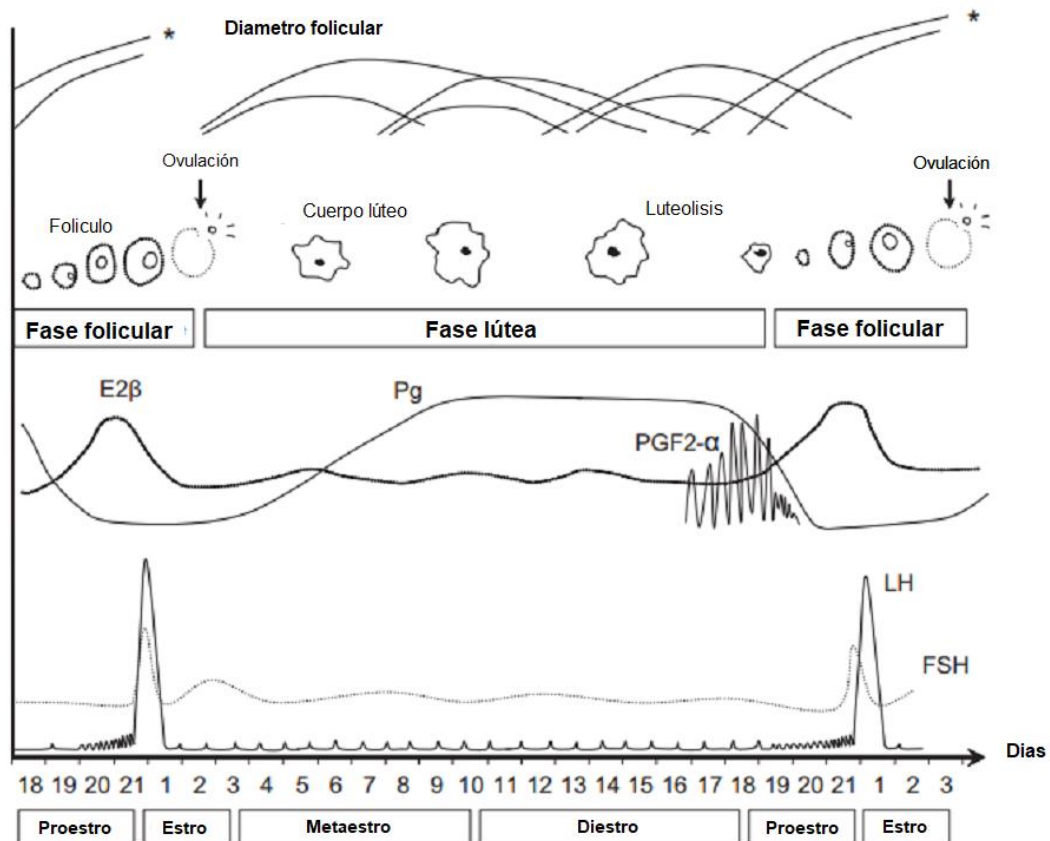


Figura 1. Representación esquemática de los diferentes eventos fisiológicos que ocurren durante el ciclo estral en cabras: patrón de desarrollo folicular, ciclo ovárico y regulaciones endocrinas (Fatet et al., 2011).

2.1.3.1 Fase folicular

La fase folicular corresponde a la onda de desarrollo folicular que proporcionará el folículo ovulatorio e implica la maduración de los folículos que dependen de las gonadotropinas hasta la ovulación (Amiridis y Cseh, 2012). Durante esta fase, la FSH estimula el crecimiento folicular, se recluta un conjunto de folículos antrales con un diámetro de 2-3 mm, y entran en su fase terminal de crecimiento (Gama y Bressan, 2011). De los folículos reclutados, solo dos o tres folículos alcanzan un tamaño de 4 mm de diámetro y se seleccionan para entrar en la fase de dominancia (Driancourt, 2001). Bajo la influencia de la LH, el folículo dominante alcanza el estadio preovulatorio (6-9 mm), mientras el resto se

degeneran (atresia folicular). El aumento de las concentraciones periféricas de estradiol provoca un efecto de retroalimentación positiva sobre el eje hipófisis-gonadotropina, induciendo el comportamiento del estro de la cabra y el pico preovulatorio de LH, lo que inducirá la ovulación entre 20 y 26 horas después (Jiang et al., 2016). El pico preovulatorio de LH también provoca la luteinización de las células foliculares formando el CL (Rahman et al., 2008). El inicio de la fase folicular, antes de que se observe el comportamiento estral, corresponde con la fase del proestro, mientras que la fase estral incluye los eventos del comportamiento sexual de la cabra hasta la ovulación (Sánchez et al., 2017).

La duración promedio del celo en las cabras es de 36 h, con una variación de 22 a 60 horas. En hembras de raza Angora, la duración promedio del celo es de 33 h, y en las de raza Boer se reporta que tiene una duración de 37.4 h (Greyling, 2000). En hembras de raza Angora, la duración promedio del celo es de 33 h, y mientras que en las de raza Boer se reporta que tiene una duración de 37.4 h (Greyling, 2000). Durante el estro, la concentración plasmática de P4 es extremadamente baja (0.2 ng/mL) después de lo cual la concentración aumenta tras la ovulación hasta un máximo de aproximadamente 4 ng/ml 10 días después de la ovulación, disminuyendo rápidamente al final del ciclo estral (Greyling, 2010).

2.1.3.1 Fase luteal

La ovulación de un folículo antral maduro durante el ciclo estral da como resultado la formación del CL iniciando la fase lútea (Medan et al., 2003). Durante este proceso, las células de la granulosa y teca interna de la pared del folículo proliferan y se diferencian en células lúteas grandes (LLC) y células lúteas pequeñas (SLC), respectivamente. Estos cambios están respaldados además por la

remodelación tisular y la angiogénesis (Jiang et al., 2016). El CL es la principal fuente de P4 en la cabra, la cual es esencial para el establecimiento y mantenimiento de la gestación (Fatet et al., 2011). Conforme el ciclo estral avanza, el CL comienza a aumentar de tamaño junto con las concentraciones sanguíneas de P4 (Medan et al., 2003). Cuando los niveles de P4 son altos, bloquean la secreción pulsátil de LH por lo que no ocurren ni el estro ni la ovulación durante esta fase (Llewelyn et al., 1993; Caraty y Skinner, 1999). Alrededor del día 8-9 del ciclo estral tanto el tamaño del CL así como los niveles sanguíneos de P4 alcanzan su máximo nivel y permanecen constantes hasta el día en que comienza la luteolisis (de Castro et al., 1999).

La luteólisis o regresión del CL es un proceso fisiológico mediado por la hormona Prostaglandina F₂α (PGF₂α). La PGF₂α es una hormona luteolítica, que se produce localmente en el epitelio luminal del endometrio, secretada de manera pulsátil alcanzado su máxima concentración en la fase lútea tardía (Wen et al., 2020). La luteólisis provoca una disminución en las concentraciones sanguíneas de P4 (<1.0 ng/mL) por lo que la pulsatilidad de LH aumenta estimulando el crecimiento de un nuevo folículo el cual produce cada vez más cantidades de E2 induciendo el estro y el pico preovulatorio de LH provocando la ovulación dando así el final de la fase lútea y el inicio de un nuevo ciclo estral (Llewelyn et al., 1993).

Hacia el final de la estación reproductiva, la duración de los ciclos estrales se hace más irregular hasta que finalmente las hembras dejan de ovular y presentar celo entrando en el anestro estacional (Fatet et al., 2011). Desde el punto de vista productivo, la estacionalidad reproductiva presenta algunas desventajas ya que

afecta también la disponibilidad de leche o carne en el mercado disminuyendo los precios y, por lo tanto, los ingresos de los caprinocultores (Dardente et al., 2016).

2.2 Tratamientos hormonales de inducción y sincronización del anestro

2.2.1 Tratamientos convencionales

Los tratamientos hormonales son una de las técnicas más utilizadas para inducir la actividad reproductiva de las cabras durante el anestro (Abecia et al., 2012). Una clara ventaja de los tratamientos hormonales es que inducen el estro y la ovulación al mismo tiempo en las hembras tratadas, permitiendo la implementación de la IA y otras biotecnologías reproductivas como la transferencia de embriones (Menchaca y Rubianes, 2004). En la actualidad, los tratamientos para la inducción y sincronización de la ovulación más utilizados durante el anestro consisten en la combinación de progestágenos (ya sea P4 natural o sus análogos sintéticos) más eCG (Abecia et al., 2012). Los progestágenos se administran por vía intravaginal a través de dispositivos hechos de silicón (CIDR®) impregnados con P4 natural (300 mg) o mediante esponjas, impregnadas con progestágenos sintéticos como el acetato de fluorogestona (FGA, 25-45 mg) y el acetato de medroxiprogesterona (MPA, 60 mg) (Romano, 2004).

Los progestágenos se administran por 12 días con la finalidad de simular una fase lútea (Wildeus, 2000). Sin embargo, se demostró que estos tratamientos “largos” prolongaban la dominancia folicular, afectando la calidad del ovocito y el desarrollo embrionario (Viñoles et al., 2001; Menchaca y Rubianes, 2004; Thammasiri et al., 2016). Posteriormente, los tratamientos hormonales se redujeron a solo 5-7 días, simulando la duración de una onda folicular (Rubianes y Menchaca, 2003). Al finalizar el tratamiento y retirar los dispositivos intravaginales se administra

una dosis de eCG de 200 a 600 UI dependiendo de algunos factores como la producción de leche, la raza, la estación del año, número de partos o la condición corporal (Ritar et al., 1984; Leboeuf et al., 2003; Zarazaga et al., 2014). Además de la eCG, la hCG es otra hormona que se ha utilizado para estimular el crecimiento de los folículos y la ovulación en los tratamientos de sincronización de las cabras (Fonseca et al., 2005; 2017). La hCG es una hormona glucoproteica (Cole, 2010) muy parecida a la LH con una gran afinidad por sus receptores; sin embargo, tiene una vida media más prolongada (36 h) (Saleh, 2011). Esta hormona ha demostrado ser capaz de inducir la ovulación en las cabras durante el anestro de manera similar a la eCG (Fonseca et al., 2017).

La respuesta estral y ovulatoria con los tratamientos hormonales mayor al 90% al finalizar el tratamiento y una tasa de preñez en las cabras al día 30-60 post-inseminación entre el 30 y 70% (Karatzas et al., 1997; Dogan et al., 2004; Salvador et al., 2005; Vilariño et al., 2011; Montes-Quiroz et al., 2018). Las cabras presentan celo aproximadamente 24 a 32 h y ovulan 50 a 70 h después de finalizar el tratamiento con P4, respectivamente (Freitas et al., 1997; Menchaca et al., 2007; Zarazaga et al., 2014).

2.2.2 Tratamientos a base de P4 inyectable más hCG

Actualmente, una serie de experimentos han demostrado que la inyección de una sola dosis de P4 IM más hCG genera una buena respuesta estral y sincronización de la ovulación en las cabras aciclicas (Alvarado-Espino et al., 2016; Rodríguez-Martínez et al., 2018). Este simple protocolo consiste en la administración de 20 mg de P4 en vehículo oleoso por vía IM, seguida 24 h después por la administración de una dosis de hCG. Con este tratamiento, las cabras

presentaron celo 48-60 h después de la aplicación de la hCG y ovularon en un periodo de 24 h. Cuando se evaluó la fertilidad de las cabras multíparas y nulíparas en un sistema de producción intensivo sometidas a inseminación artificial a tiempo fijo, la fertilidad fue del 50% (Alvarado-Espino et al., 2019). Por lo tanto, este tratamiento podría representar una opción más accesible para los productores y puede ser una opción para aquellos casos en los que no se dispone de dispositivos intravaginales con P4.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del estudio, animales y manejo

El experimento se realizó en un hato caprino localizado en el municipio de Torreón, Coahuila, México (Latitud: 25° N). Se utilizaron 20 cabras adultas locales multíparas anovulatorias con una condición corporal promedio de 2.5 (1.0 emaciada y 5.0 obesas, con incrementos de 0.5 puntos). La anovulación fue determinada mediante ultrasonografía transrectal realizada con un ultrasonido marca Aloka SSD 500 con un transductor transrectal de 7.5 MHz. Se realizaron dos ultrasonidos con siete días de intervalo y aquellas cabras que tenían un cuerpo lúteo en alguna de las exámenes se consideraron que estaban ciclando y fueron descartadas del experimento. Las cabras fueron alojadas en corrales abiertos provistos de sombra. Durante el experimento las cabras fueron alimentadas con alfalfa a libre acceso más 250 g⁻¹ de concentrado comercial diariamente (17% de proteína cruda). Las cabras eran ordeñadas a mano en las mañanas y tenían libre acceso al agua y sales minerales.

3.2 Diseño experimental

Las cabras fueron divididas en dos grupos experimentales (n=10) de acuerdo con su peso corporal. En el primer grupo, las cabras fueron tratadas con 20 mg de P4 (Progesterona®, Zoetis, México) seguida 24 h después por la administración de 100 UI de hCG (Chorulon, Intervet, México), mientras que las cabras del grupo dos fueron tratadas con 20 mg de P4 seguida 48 h después por la administración de 100 UI de hCG. Todas las hormonas fueron administradas por vía IM.

3.3 Variables evaluadas

Se detecto el celo después de la administración de la hCG en ambos grupos. La detección se realizó cada 12 h durante 15 minutos desde el día 0 hasta el día 5 con un macho en delantal para prevenir la cópula. Las hembras fueron consideradas en celo cuando permanecían inmóviles al intento de monta del semental. Se determinó el número de cabras que presentaron celo y el intervalo al celo luego de la administración de la hCG. Después de la detección del celo se realizó ultrasonografía en las hembras cada 12 h para determinar el número de cabras que ovularon, el momento de la ovulación y el diámetro del folículo preovulatorio.

3.4 Análisis de P4

Se tomó una muestra sanguínea de todas las cabras de la vena yugular al momento de la aplicación de la hCG en tubos Vacutainer® del 10 mL sin anticoagulante. Las muestras se almacenaron a 4 °C y se centrifugaron 1 h después a 1000 G durante 20 min. Una vez centrifugadas, se separó el suero y se almaceno en microtubos de 1.5 mL a -20 °C hasta su análisis. La determinación de los niveles de P4 se realizó mediante radioinmunoensayo de fase solida con P4 marcada con 125-I siguiendo las recomendaciones del fabricante (DIAsource ImmunoAssays S.A., Louvain-la-Neuve, Belgium). El coeficiente de variación intra-ensayo así como la sensibilidad fueron de 8.1% y 0.03 ng/mL, respectivamente al momento de la inyección de la hCG y siete días después

3.5 Análisis estadístico

El porcentaje de cabras en celo y que ovularon se determinó mediante una prueba de Chi-cuadrada (PROC FREQ de SAS). El intervalo al celo y a la ovulación después de la administración de la hCG, así como el diámetro del folículo a la

ovulación y los niveles de P4 se analizaron mediante una prueba de T de Student (TTEST de SAS). Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico de SAS (SAS®, University). Se considero que había diferencia estadística cuando $P \leq 0.05$.

4. RESULTADOS

La respuesta reproductiva de las cabras tratadas con 20 mg de P4 inyectable 48 o 24 h antes de la inyección de 100 UI de hCG se muestra en el Cuadro 1. La respuesta estral (100%) y ovulatoria (95%) fue similar en ambos grupos experimentales ($P>0.05$). La presentación del celo luego de la aplicación de la hCG ocurrió antes en las cabras tratadas con P4 48 h antes de la hCG (Figura 1; $P<0.05$). En las cabras tratadas con la P4 48 h antes de la hCG la ovulación ocurrió 61.2 ± 8.9 h después de la administración de la hCG mientras que en las cabras tratadas con P4 24 h antes de la hCG la ovulación sucedió a las 76.0 ± 10.4 h después de la hCG (Figura 2; $P<0.05$).

El diámetro del folículo ovulatorio al momento de la ovulación, el número de ovulaciones, o las cabras que tenían un CL 10 días después de la aplicación de la hCG no fueron afectados por el tratamiento (Cuadro 1). El diámetro del folículo ovulatorio de ambos grupos fue de 8.1 mm, mientras que el número de ovulaciones y el porcentaje de cabras con CL 10 días después de la administración de hCG fue de 1.85 y 55%, respectivamente ($P>0.05$).

Los niveles de P4 fueron afectados por el tratamiento (Cuadro 1). En las cabras del grupo -48hP4+hCG, los niveles de P4 fueron significativamente menores al momento de la administración de la hCG que en las cabras del grupo -24hP4+hCG ($P<0.05$), pero a los siete días después de la ovulación fueron mayores en las hembras del grupo -48hP4+hCG que en las del grupo siete días después de la ovulación que en las cabras del grupo -24hP4+hCG ($P<0.05$).

Cuadro 1. Respuesta reproductiva obtenida en cabras tratadas con 20 mg de P4 inyectable seguidas de 100 UI de hCG 24 o 48 h después de la administración de la P4

| | -24hP4 + hCG | -48hP4 + hCG | Valor de P |
|---|--------------|--------------|------------|
| Respuesta estral (%) | 100 (10/10) | 90 (9/10) | NS |
| Intervalo hCG-estro (h) | 30.0 ± 8.5 | 52.0 ± 6.0 | 0.0001 |
| Ovulación (%) | 100 (10/10) | 90 (9/10) | NS |
| Intervalo hCG-ovulación (h) | 61.2 ± 8.9 | 76.0 ± 10.4 | 0.01 |
| Número de ovulaciones | 2.0 ± 0.7 | 1.7 ± 0.5 | NS |
| Diámetro del folículo a la ovulación (mm) | 8.1 ± 0.9 | 8.1 ± 1.3 | NS |
| Cabras con CL 10 días después de la hCG (%) | 5/10 (50%) | 6/10 (60%) | NS |
| P4 al momento de la hCG (ng/mL) | 1.5 ± 0.5 | 2.2 ± 0.9 | 0.03 |
| P4 siete días después de la ovulación (ng/mL) | 6.8 ± 3.1 | 4.9 ± 0.7 | 0.01 |

NS= No significativo

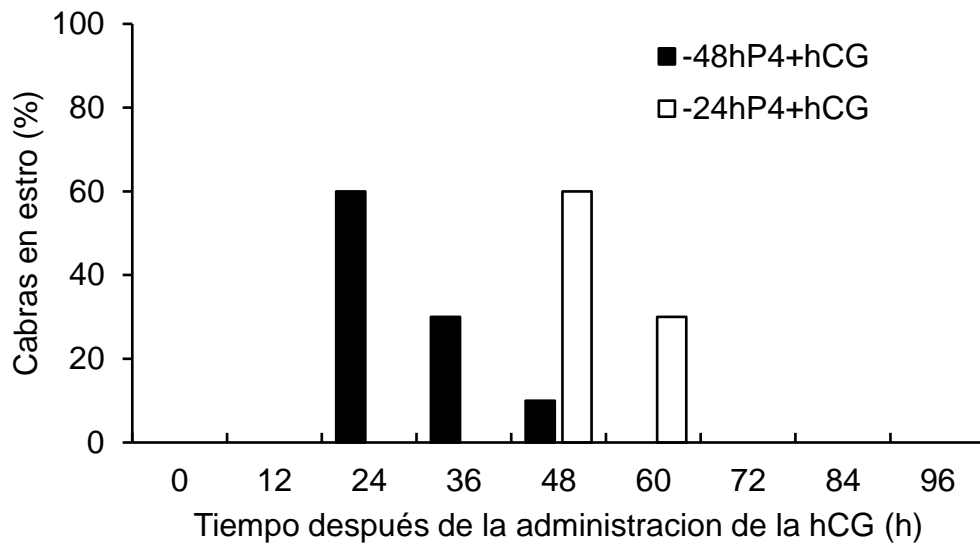


Figura 2. Porcentaje de cabras en celo después del tratamiento con 20 mg de P4 48 (-48hP4+hCG, n=10) o 24 h antes (-24hP4+hCG, n=10) de la administración de la hCG

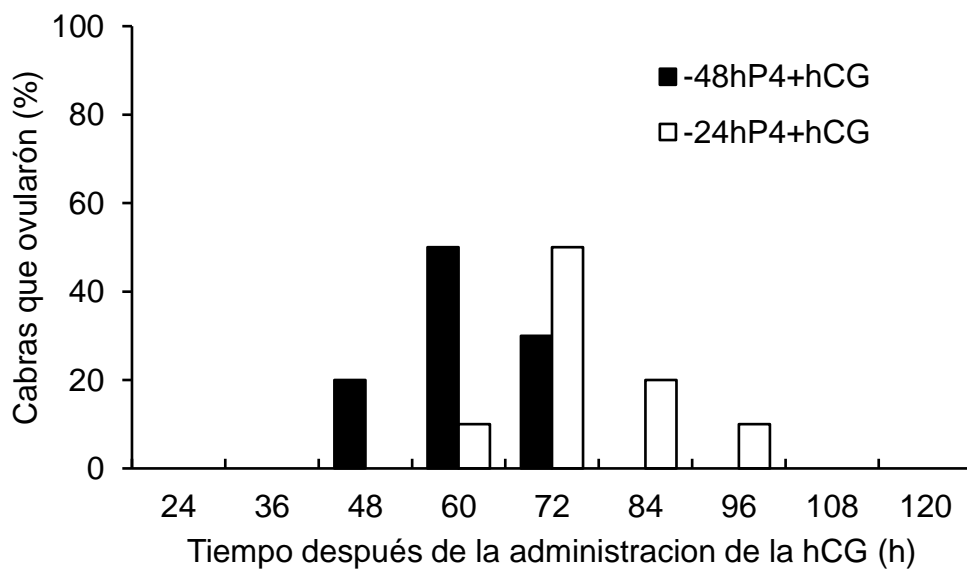


Figura 3. Intervalo a la ovulación de las cabras tratadas con 20 mg de P4 48 (-48hP4+hCG, n=10) o 24 h antes (-24hP4+hCG, n=10) de la administración de la hCG

5. DISCUSIÓN

La respuesta estral y el porcentaje de cabras que ovularon en ambos grupos fueron similares a lo reportado en estudios previos en los que utilizaron este tratamiento a base de P4 inyectable más hCG (Alvarado-Espino et al., 2016; 2019) o tratamientos con dispositivos intravaginales (Fonseca et al., 2017) en los cuales la respuesta estral fue mayor al 80%. Por lo tanto, estos resultados confirman la hipótesis de que la administración de una dosis de P4 más hCG son suficientes para inducir el celo y la ovulación en las cabras durante el anestro.

El intervalo al celo y a la ovulación fue afectado por el intervalo entre la aplicación de la P4 y la hCG. En las cabras del grupo -48hP4+hCG el intervalo al celo (30.0 h) y a la ovulación (61.2 h) posteriores a la aplicación de la hCG ocurrieron antes que en las cabras del grupo -24hP4+hCG. En este grupo, el intervalo al celo y a la ovulación fueron similares a los reportados en estudios previos (Alvarado-Espino et al., 2016). Mientras que, en las cabras del grupo -48hP4+hCG tanto el intervalo al celo como a la ovulación fueron similares a lo reportado previamente por Vilariño et al. (2011) en cabras ciclando tratadas con tratamientos cortos de 6 días con dispositivos intravaginales y eCG. El intervalo al celo puede variar de acuerdo con el tratamiento empleado, la dosis de gonadotropina coriónica utilizada, la época de reproductiva o el momento de la aplicación entre las hormonas (Ritar, 1993; Singh et al., 2003; Alvarado-Espino et al., 2016) lo cual debe tomarse en cuenta si se quiere implementar un programa de IATF en cabras.

La P4 regula la secreción de las gonadotropinas y la conducta estral en cabras (Billings y Katz, 1997). En vacas, altos niveles sanguíneos de P4 durante el celo pueden inhibir el comportamiento estral (Suresh et al., 2021). En el presente

experimento, la aplicación entre la P4 y la hCG se extendió 24 h más en las cabras del grupo -48hP4+hCG permitiendo que al momento de la aplicación de la hCG los niveles de P4 en sangre fueran menores facilitando la expresión del celo en las cabras. En efecto, los niveles de P4 al momento de la hCG fueron menores en las cabras del grupo -48hP4+hCG que en las del grupo -24hP4+hCG (Cuadro 1), lo que explicaría por qué el intervalo al celo y a la ovulación posteriores a la hCG ocurrieron antes en las cabras en las que el intervalo entre la P4 y la hCG fue de 48 h.

El diámetro de los folículos al momento de la ovulación no fue afectado por el intervalo entre la aplicación de la P4 y la hCG. El diámetro de los folículos al momento de la ovulación fue similar a los reportado por Vilariño et al. (2011) en cabras tratadas con un tratamiento a base de dispositivos intravaginales por 6 días más eCG (8 mm). Sin embargo, son mayores a los reportados por Fonseca et al. (2017) y De Andrade et al. (2021) quienes reportan un diámetro de los folículos a la ovulación menor (6 a 7 mm) en cabras sincronizadas con esponjas intravaginales en cabras lecheras. Con respecto al número de ovulaciones, el intervalo entre la P4 y la hCG no influyó en esta variable, lo cual no afecta la prolificidad de las cabras tratadas con este tratamiento a base de P4 inyectable más hCG ni el ingreso de los caprinocultores por concepto de la venta de cabritos (Salinas-Gonzalez et al., 2016).

6. CONCLUSIÓN

Los resultados del presente estudio confirman la hipótesis de que el intervalo entre la aplicación de la P4 y la hCG influyen en la respuesta reproductiva de las cabras durante el anestro. El intervalo al celo y a la ovulación luego de la aplicación de la hCG ocurrieron antes en las cabras en las que el intervalo entre la aplicación de la P4 y la hCG fue de 48 h que en las de 24 h. Lo anterior debe ser tomado en cuenta sobre todo en programas de IATF en caprinos.

7. REFERENCIAS

- Abecia, J. A., Forcada, F., González-Bulnes, A. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal reproduction science*. 130 (3-4): 173-179.
- Alvarado-Espino, A. S., Meza-Herrera, C. A., Carrillo, E., González-Álvarez, V. H., Guillén-Muñoz, J. M., Ángel-García, O., Mellado-Bosque, M., Véliz-Deras, F. G. 2016. Reproductive outcomes of Alpine goats primed with progesterone and treated with human chorionic gonadotropin during the anestrus-to-estrus transition season. *Anim Reprod Sci*. 167: 133-138.
- 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.
- Amiridis, G. S., Cseh, S. 2012. Assisted reproductive technologies in the reproductive management of small ruminants. *Animal Reproduction Science*. 130 (3-4): 152-161.
- Amoah, E. A., Gelaye, S., Guthrie, P., & Rexroad, C. E. 1996. Breeding season and aspects of reproduction of female goats. *Journal of Animal Science*. 74 (4): 723-728.
- Balaro, M. F. A., de Mello, S. G. V., da Silva Santos, A., Cavalcanti, L. M., Almosny, N. R. P., Fonseca, J. F., Brandão, F. Z. 2019. Reproductive seasonality in Saanen goats kept under tropical conditions. *Tropical animal health and production*. 51 (2): 345-353.

- Bazer, F. W. 2020. Reproductive physiology of sheep (*Ovis aries*) and goats (*Capra aegagrus hircus*). En: Bazer, F.G., Lamb, G. C., Wu, G. *Animal Agriculture*. Academic Press. EU. Pp: 199-209.
- Billings, H. J y Katz, L. S. 1997. Progesterone Facilitation and Inhibition of Estradiol-Induced Sexual Behavior in the Female Goat. *31 (1): 47-53*.
- Caraty, A., Skinner, D. C. 1999. Progesterone priming is essential for the full expression of the positive feedback effect of estradiol in inducing the preovulatory gonadotropin-releasing hormone surge in the ewe. *Endocrinology. 140 (1): 165-170*.
- Carrillo, E., Meza-Herrera, C. A., Véliz, F. G. 2010. Estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la raza Alpino-Francés adaptados al subtrópico Mexicano. *Revista mexicana de ciencias pecuarias. 1 (2): 169-178*.
- Cole, L. A. 2010. Biological functions of hCG and hCG-related molecules. *Reproductive Biology and Endocrinology. 8 (1): 1-14*.
- Dardente, H., Lomet, D., Robert, V., Decourt, C., Beltramo, M., Pellicer-Rubio, M. T. 2016. Cría estacional en mamíferos: de la ciencia básica a las aplicaciones y viceversa. *Teriogenología. 86 (1): 324-332*.
- De Andrade, A. B. P., Morais, M. C. C., Rangel, P. S. C., Oliveira, M. E. F., Souza-Fabjan, J. M. G., Fonseca, J. F. 2021. Effect of eCG in a short-term synchronization treatment on ovarian status, estrus synchrony, and ovulation in dairy goats managed under tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production. 53 (2): 1-6*.

- De Castro, T., Rubianes, E., Menchaca, A., Rivero, A. 1999. Ovarian dynamics, serum estradiol and progesterone concentrations during the interovulatory interval in goats. *Theriogenology*. 52 (3): 399-411.
- De Santiago-Miramontes, M. A., Malpaux, B., Delgadillo, J. A. 2009. Body condition is associated with a shorter breeding season and reduced ovulation rate in subtropical goats. *Animal Reproduction Science*. 114 (1-3): 175-182.
- Santiago-Miramontes, M. A., Marcelino-León, S., Luna-Orozco, J. R., Rivas-Muñoz, R., Rodríguez-Martínez, R., Mellado-Bosque, M., Véliz-Deras, F. G. 2011. La presencia de hembras estrogenizadas al momento del efecto macho induce la actividad estral de cabras en el semidesierto mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17: 77-85.
- Dogan, I., Nur, Z., Gunay, U., Soyly, MK y Sonmez, C. 2004. Comparison of fluorgestone and medroxyprogesterone intravaginal sponges for oestrus synchronization in Saanen does during the transition period. *South African Journal of Animal Science*, 34(1), 18-22. 34 (1): 18-22.
- Driancourt, M. A. 2001. Regulation of ovarian follicular dynamics in farm animals. Implications for manipulation of reproduction. *Theriogenology*. 55 (6): 1211-1239.
- Duarte, G., Flores, J. A., Malpaux, B., Delgadillo, J. A. 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology*. 35 (4): 362–370.
- Escareño, L. M., Wurzinger, M., Pastor, F., Salinas, H., Sölkner, J., Iñiguez, L. 2011. La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores

- de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*. 17: 235-246.
- Fatet, A., Pellicer-Rubio, M. T., Leboeuf, B. 2011. Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science*. 124 (3-4): 211-219.
- Fonseca, J. F. D., Torres, C. A. A., Maffili, V. V., Borges, A. M., Espescht, C. J. B., Balbinot, P. D. Z., Oliveira, R. F. M., Leite, P. A. 2005. Desempenho reprodutivo de cabras alpinas tratadas com hCG cinco dias após o acasalamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34: 508-513.
- Fonseca, J. F., Souza-Fabjan, J. M., Oliveira, M. E. F., Cruz, R. C., Esteves, L. V., de Paiva, M. P. S. M., Brandao, F. Z., Mancio, A. B. 2017. Evaluation of cervical mucus and reproductive efficiency of seasonally anovular dairy goats after short-term progestagen-based estrous induction protocols with different gonadotropins. *Reproductive Biology*. 17 (4): 363-369.
- Freitas, V. J. F., Baril, G., Saumande, J. 1997. Estrus synchronization in dairy goats: use of fluorogestone acetate vaginal sponges or norgestomet ear implants. *Animal Reproduction Science*. 46 (3-4): 237-244.
- Gama, L. T., Bressan, M. C. 2011. Biotechnology applications for the sustainable management of goats genetic resources. *Small Ruminant Research*. 98 (1-3): 133-146.
- Greyling, J. 2010. *Applied Reproductive Physiology*. En: Solaiman, S. G. *Goat science and production*. 1st Edition. Wiley-Blackwell. EU. Pp: 139-156.
- Gómez-Brunet, A., Santiago-Moreno, J., Toledano-Diaz, A., López-Sebastián, A. 2012. Reproductive seasonality and its control in spanish sheep and goats. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 15 (1): S47-S70

- Gonzalez-Bulnes, A., Menchaca, A., Martin, G. B., Martinez-Ros, P. 2020. Seventy years of progestagen treatments for management of the sheep oestrous cycle: Where we are and where we should go. *Reproduction, Fertility and Development*. 32 (5): 441-452.
- Jiang, Y. F., Hsu, M. C., Cheng, C. H., Tsui, K. H., Chiu, C. H. 2016. Ultrastructural changes of goats corpus luteum during the estrous cycle. *Animal Reproduction Science*. 170: 38-50.
- Jorrat, J., J., de la Vega, A. C., Ghiggia, L. R., Holgado, F. D., Hernandez, M. E., Aráoz, J., González, F. J., Cruz, M. L. 2014. Evaluación de un tratamiento en base a prostaglandina para la sincronización del estro en cabras en diferentes estaciones del año. *Revista agronómica del noroeste argentino*. 34 (2): 126-127.
- Karatzas, G., Karagiannidis, A., Varsakeli, S., Brikas, P. 1997. Karatzas, G., Karagiannidis, A., Varsakeli, S., Brikas, P. 1997. Fertility of fresh and frozen-thawed goat semen during the nonbreeding season. *Theriogenology*. 48 (6): 1049-1059.
- Leboeuf, B., Restall, B., & Salamon, S. 2000. Production and storage of goat semen for artificial insemination. *Animal Reproduction Science*. 62(1-3), 113-141.
- Llewelyn, C. A., Perrie, J., Luckins, A. G., Munro, C. D. 1993. Oestrus in the British white goat: timing of plasma luteinizing hormone surge and changes in behavioural and vaginal traits in relationship to onset of oestrus. *British Veterinary Journal*. 149 (2): 171-182.
- Luo, J., Wang, W., Sun, S. 2019. Research advances in reproduction for dairy goats. *Asian-Australas J Anim Sci*. 32 (8): 1284–1295.

- Maldonado, J. A., Salinas, H., Torres, G., Becerril, C. M., Díaz, P. 2018. Factors influencing milk production of local goats in the Comarca Lagunera, México. *Livestock Research for Rural Development*. 30 (7): 1-5.
- Mellado, J., Veliz, F. G., de Santiago, A., Meza-Herrera, C., Mellado, M. 2014. Buck-induced estrus in grazing goats during increasing photoperiod and under cold stress at 25° N. *Veterinarija ir Zootechnika*. 66 (88).
- Merlos, M. I., Martínez, R. D, Torres, G., Mastache, A. A., Gallegos, J. 2008. Evaluación de características productivas en cabritos Boer x local, Nubia x local y locales en el trópico seco de Guerrero, México. *Veterinaria México*. 39 (3): 323-333.
- Medan, M. S., Watanabe, G., Sasaki, K., Sharawy, S., Groome, N. P., Taya, K. 2003. Ovarian dynamics and their associations with peripheral concentrations of gonadotropins, ovarian steroids, and inhibin during the estrous cycle in goats. *Biology of Reproduction*. 69 (1): 57-63.
- Menchaca, A., Rubianes, E. 2004. New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*. 16(4): 403-413.
- Menchaca, A., Miller, V., Salvareglio, V., Rubianes., E. 2007. Endocrine, luteal and follicular responses after the use of the Short-Term Protocol to synchronize ovulation in goats. *Animal Reproduction Science*. 102: 76–87.
- Montes-Quiroz, G. L., Sánchez-Dávila, F., Grizelj, J., Bernal-Barragán, H., Vazquez-Armijo, J. F., Bosque-González, A. S. D., Luna-Palomera. C., Gomez, A. G., Ledezma-Torres, R. A. 2018. The reinsertion of controlled internal drug release devices in goats does not increase the pregnancy rate after short

- oestrus synchronization protocol at the beginning of the breeding season. *Journal of Applied Animal Research*. 46 (1): 714-719.
- Rahman, A. N. M. A., Abdullah, R. B., Wan-Khadijah, W. E. 2008. Estrus synchronization and superovulation in goats: a review. *Journal of Biological Sciences*. 8 (7):1129-1137.
- Reece, W. O., Rowe, E. W. 2017. *Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals*. Fifth Ed. Wiley-Blackwell. USA. Pp. 557.
- Ritar, A. J., Maxwell, W. M. C., Salamon, S. 1984. Ovulation and LH secretion in the goat after intravaginal progestagen sponge-PMSG treatment. *Reproduction*. 72 (2): 559-563.
- Ritar, A. J. 1993. Control of ovulation, storage of semen, and artificial insemination of fibre-producing goats in Australia: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 33 (6): 807-820.
- Rodríguez-Martínez, R., Meza-Herrera, C. A., Tapia-Robles, K. I., Alvarado-Espino, A. S., Luna-Orozco, J. R., Leyva, C., Mellado, M., Véliz-Deras, F. G. 2018. Effect of two routes of administration of human chorionic gonadotropin upon oestrus induction and reproductive outcomes in adult acyclic mix-breed goats. *Journal of Applied Animal Research*. 46 (1): 190-194.
- Romano, J. E. 2004. Synchronization of estrus using CIDR, FGA or MAP intravaginal pessaries during the breeding season in Nubian goats. *Small Ruminant Research*. 55 (1-3): 15-19.
- Rubianes, E., Menchaca, A. 2003. The pattern and manipulation of ovarian follicular growth in goats. *Animal Reproduction Science*. 78 (3-4): 271-287.

- Saleh, M. 2011. Synchronization and superovulation of Boer goats with PGF2 α and GnRH or hCG and parentage analysis using microsatellite markers Doctoral dissertation, Göttingen, Georg-August Universität.
- Salinas-González, H., Valle-Moysen, E. D., de Santiago-Miramontes, M. A., Veliz-Deras, F. G., Maldonado-Jáquez, J. A., Vélez-Monroy, L. I., Torres-Hernández, D. R., Luis-Maconetzin, I., Figueroa-Viramontes, U. 2016. Análisis descriptivo de unidades caprinas en el suroeste de la región lagunera, Coahuila, México. *Interciencia*. 41 (11): 763-768.
- Salvador, I., Viudes-de-Castro, M. P., Bernacer, J., Gómez, E. A., Silvestre, M. A. 2005. Factors Affecting Pregnancy Rate in Artificial Insemination with Frozen Semen During Non-Breeding Season in Murciano–Granadina Goats: a Field Assay. *Reproduction in Domestic Animals*. 40 (6): 526-529.
- Sánchez, F., Del Bosque, A. S., Bernal, H. 2017. Reproduction in Goats. En: Kukovics, Goat Science. 1st Ed. Intech Open. Inglaterra. Pp. 87-105.
- Servicio De Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. Panorama Agroalimentario 2020. SADER. Mexico. Pp. 196.
- Singh, J., Adams, G. P., Pierson, R. A. 2003. Promise of new imaging technologies for assessing ovarian function. *Animal Reproduction Science*. 78 (3-4): 371-399.
- Suresh, A., Joseph, C., T Sarath, T., Sureshkumar, R., Jaishankar, S. 2021. Estradiol and progesterone levels and expression of estrus behaviour during estrus in repeat breeder cows. *The Pharma Innovation Journal*. 10 (12): 26-29.

- Thammasiri, J., Navanukraw, C., Uriyapongson, S., Khanthusaeng, V., Lertchunhakiat, K., Boonkong, S. 2016. Assessment of caprine corpora lutea growth, progesterone concentration, and eNOS expression: effect of a compensatory gain model. *Domestic Animal Endocrinology*. 56: 48-56.
- Vilariño, M., Rubianes, E., Menchaca, A. 2011. Re-use of intravaginal progesterone devices associated with the Short-term Protocol for timed artificial insemination in goats. *Theriogenology*. 75 (7): 1195-1200.
- Viñoles, C., Forsberg, M., Banchemo, G., Rubianes, E. 2001. Effect of long-term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology*, 55 (4): 993-1004.
- Wen, X., Liu, L., Li, S., Lin, P., Chen, H., Zhou, D., Tang, K., Wang, A., Jin, Y. 2020. Prostaglandin F₂ Induces Goat Corpus Luteum Regression via Endoplasmic Reticulum Stress and Autophagy. *Front. Physiol.* 11: 1-13.
- Wildeus, S. 2000. Current concepts in synchronization of estrus: Sheep and goats. *Journal of Animal Science*. 77 :1-14.
- Zarazaga, L. A., Gatica, M. C., Gallego-Calvo, L., Celi, I., Guzmán, J. L. 2014. The timing of oestrus, the preovulatory LH surge and ovulation in Blanca Andaluza goats synchronised by intravaginal progestagen sponge treatment is modified by season but not by body condition score. *Animal Reproduction Science*. 146 (3-4): 170-175.