

Inducción de la ovulación en ovejas Hampshire en anestro mediante protocolos cortos de progesterona

Ovulation Induction in Anestrous Hampshire Ewes Using Short-Term Progesterone Protocols

Peralta, J.G.¹; Torres, M.G.¹; Almaraz, I.¹; Espinosa, V.¹; Herrera, M.A.^{1*}

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Av. Universidad, #133, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo, México.

* Correspondencia: Marco Antonio Herrera | he369390@uaeh.edu.mx

Recibido 16/04/2025 – Aceptado 17/07/2025

Resumen: El objetivo del estudio fue evaluar el uso de progesterona intramuscular para inducir la ovulación en ovejas Hampshire Down durante el anestro. Se utilizaron 12 ovejas multíparas, divididas en dos grupos a los que se les asignó uno de los tratamientos. El tratamiento 1 (T1) recibió 0.3 g de progesterona en un dispositivo intravaginal (CIDR) durante 12 días, mientras que el tratamiento 2 (T2) recibió 25 mg de progesterona intramuscular durante 3 días. Al finalizar ambos tratamientos, se administraron 500 UI de eCG intramuscular. La concentración sérica de progesterona se midió mediante la prueba de ELISA, la presentación y duración del estro se determinó con la presencia de un carnero. La fertilidad se evaluó mediante ultrasonido a los 50 días post-monta. No hubo diferencia en la concentración de progesterona ($P > 0.05$). El estro se presentó en promedio a las 36 horas en T1 y a las 72 horas en T2. La tasa de gestación fue del 83.3% en ambos tratamientos, sin diferencia entre tratamientos. Bajo las condiciones del presente estudio, se concluye que el uso de P_4 intramuscular a corto plazo junto con eCG representa una alternativa viable para inducir la ovulación en ovejas Hampshire.

Palabras clave: inducción, ovulación, progesterona, ovinos, anestro.

Summary: *Ovulation Induction in Anestrous Hampshire Ewes Using Short-Term Progesterone Protocols.* The objective of the study was to evaluate the use of intramuscular progesterone to induce ovulation in Hampshire Down ewes during anestrus. Twelve multiparous ewes were used, divided into two groups and assigned to one of the treatments. Treatment 1 (T1) received 0.3 g of progesterone in an intravaginal device (CIDR) for 12 days, while treatment 2 (T2) received 25 mg of intramuscular progesterone for 3 days. At the end of both treatments, 500 IU of intramuscular eCG was administered. Serum progesterone concentration was measured by ELISA, estrus presentation and duration were determined with the presence of a ram. Fertility was assessed by ultrasound at 50 days post-mounting. There were no significant differences in progesterone concentration ($P > 0.05$). Estrus occurred on average at 36 hours at T1 and 72 hours at T2. The gestation rate was 83.3% in both treatments, with no difference between treatments. Under the conditions of the present study, it is concluded that short-term intramuscular administration of P_4 combined with eCG represents a viable alternative for inducing ovulation in Hampshire ewes.

Keywords: induction, ovulation, progesterone, ovine, ewe.

Introducción

La manipulación del ciclo estral en ovejas varía según la etapa reproductiva en la que se encuentre, anestro estacional o en época reproductiva. La sincronización del ciclo estral permite agrupar a los animales para que el estro y la gestación ocurran simultáneamente, mientras que la inducción de la ovulación busca activar el ciclo reproductivo en el anestro estacional, provocando la fase folicular, el estro y la ovulación. Los métodos basados en progesterona (P_4) o sus análogos actúan de manera similar a la progesterona natural producida por

el cuerpo lúteo tras la ovulación, regulando la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) en el hipotálamo y ésta a su vez a la hormona luteinizante (LH) por la hipófisis anterior (Abecia et al., 2012).

El ciclo estral de las hembras ovinas se caracteriza por la presencia de oleadas foliculares durante el ciclo estral, anestro estacional, la transición hacia la temporada reproductiva y la gestación. En cada una de estas etapas se producen de dos a tres oleadas foliculares, con un folículo seleccionado que alcanza aproximadamente 5 mm y crece durante 5-7 días. Durante la fase lútea, las concentraciones de progesterona aumentan, lo que facilita el recambio folicular; los folículos que no superan los 4 mm no participan en el fenómeno ondulatorio, el folículo dominante eventualmente ovula (Bartleswki et al., 2000; Menchaca et al., 2017).

Las hembras ovinas presentan un comportamiento poliéstrico estacional, caracterizado por ciclos de ovulación que se manifiestan durante los periodos de días cortos (menos horas luz), correspondientes a la época reproductiva, y la ausencia de ovulación en días largos (mayor cantidad de horas luz), periodo conocido como anestro (Habeeb y Anne Kutzler, 2021). La duración de este anestro varía en función de la latitud y la raza, donde el genotipo tiene un papel importante. Por ejemplo, razas ubicadas en latitudes cercanas a los polos experimentan un anestro de hasta ocho meses, mientras que en zonas cercanas al ecuador esta fase puede reducirse a cinco meses (Arroyo, 2011). Este fenómeno limita a un solo parto anual sin intervención externa, por lo que se han implementado estrategias de inducción a la ovulación en épocas no reproductivas para incrementar el número de partos a tres cada dos años o cinco cada tres años (Habeeb & Anne Kutzler, 2021). En el caso de México, las razas ovinas de pelo, particularmente en el sur del país, poseen una ventaja en el manejo reproductivo sin necesidad de tratamientos hormonales (Arroyo, 2011; Hafez, 1952).

Para inducir la ovulación durante el anestro, se han empleado dispositivos liberadores de progesterona junto con la administración de gonadotropina coriónica equina (eCG) al momento de retirar los dispositivos, obteniendo tasas de preñez aceptables mediante protocolos de corta (5-7 días) o larga duración (14 días) (Santos et al., 2020; Menchaca et al., 2017).

Cabras multíparas y nulíparas mediante la inserción de dispositivos intravaginales CIDR, se ha promovido el recambio folicular y una nueva oleada de esta misma dentro de los 3 días después de su inserción. Por consecuencia, la aplicación de P₄ inyectable tiene éxito en la inducción a la ovulación en la época de anestro en cabras con tasas de preñez aceptables con inseminación artificial a tiempo fijo (Alvarado et al., 2019). Por otra parte, experimentos con cabras de la raza Murciano-granadina tratadas con una sola dosis de 25 mg de progesterona en aceite de oliva en anestro induce una nueva onda folicular y aumenta el número de folículos sensibles a las gonadotropinas (González-Bulnes et al., 2006).

En estudios con ovejas de la raza Karakul con protocolos a corto plazo (cinco días) para inducción a la ovulación en época de anestro, se utilizaron dos protocolos: uno a dosis única de P₄ a 25 mg con aceite de olivo y otro de igual forma, pero con una aplicación cada dos días (tres aplicaciones), obteniendo resultados del 38.1% y 81.8% respectivamente (Dehkordi et al., 2022).

La investigación previa permite identificar los principales antecedentes que sustentan la inducción a la ovulación en época de anestro estacional, donde se analizará el efecto de la concentración de P₄ en el recambio folicular con el objetivo de inducir a la ovulación.

El protocolo de periodos cortos (tres días) de progesterona vía intramuscular más eCG es similar para la inducción a la ovulación que los tratamientos con CIDR (doce días) más eCG, considerando la concentración de progesterona suficiente para el recambio folicular en hembras ovinas Hampshire Down.

Se evaluó el uso de la P₄ intramuscular en época de anestro por un periodo corto para la inducción a la ovulación en hembras ovinas Hampshire Down, mediante la concentración serica de P₄, presentación y duración del estro y el porcentaje de gestación entre el uso de aplicaciones intramusculares y el uso de CIDR.

Materiales y Métodos

La investigación obtuvo la aprobación por parte del Comité Institucional Ético para el Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio (CICUAL) del Bioterio de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo en el área facultada para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio (CICUAL-V-I/05/2024).

Manejo y características de los animales

Se utilizaron doce hembras ovinas de raza Hampshire Down múltiparas en época de anestro estacional, de ≥ 2 años, con una condición corporal (CC) de 2.5 (escala 1 a 5) y 50 ± 5 kg de peso corporal. Como parte de los procedimientos previos al experimento, las hembras fueron vitaminadas, desparasitadas y vacunadas 30 días antes de iniciar el tratamiento experimental, además, se realizó ultrasonografía y determinación de concentración sérica de P_4 para confirmar el anestro estacional. Los animales recibieron una dieta ajustada a su etapa fisiológica.

Se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos a los que se le asignó un tratamiento a cada uno. En el tratamiento 1 (T1), se utilizaron seis ovejas a las que se les administró 0.3 g de progesterona en CIDR por vía intravaginal (CIDR Zoetis®) durante 12 días. En el tratamiento 2 (T2) se utilizaron seis ovejas a las que se les administró 25 mg de progesterona inyectable (Progesterona Zoetis®) vía intramuscular durante tres días continuos. Al término de ambos tratamientos, se aplicaron 500 UI de eCG (Virbac®) por vía intramuscular dosis única a ambos tratamientos (Figura 1).

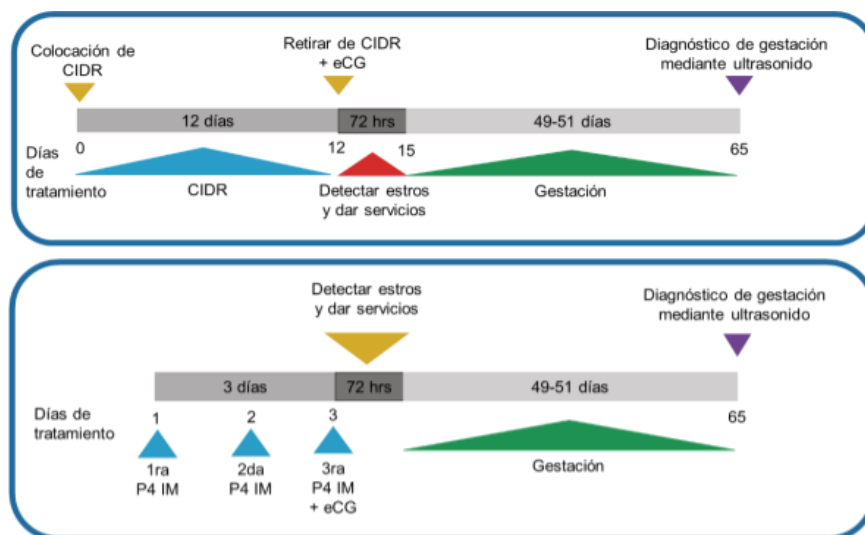


Figura 1. Aplicación de los protocolos. Esquema superior: protocolos utilizados con CIDR, Esquema inferior: Protocolos utilizados con aplicaciones intramusculares, CIDR: Dispositivo de liberación controlada, eCG: Gonadotropina coriónica equina, P4: Progesterona

Determinación de la concentración sérica de progesterona.

La toma de muestras se realizó cada 48 horas, a través de punción de la vena yugular con una aguja hipodérmica 21g x 32mm obteniendo un total de 5 mL por muestra, fueron colocadas en tubos para centrifugar a 5000 rpm por 15 minutos y posteriormente congeladas hasta su análisis de laboratorio por medio de ELISA (Kit de Ensayo Inmunoenzimático 17-OH-progesterona) (Figura 2).

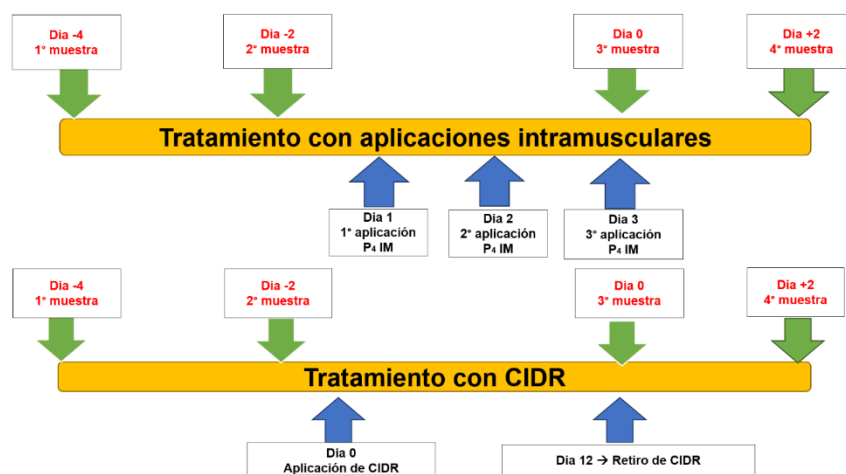


Figura 2. Toma de muestras. En la parte superior se muestra la cronología para la obtención de muestras en el uso de aplicaciones intramusculares y en la parte inferior con el uso de CIDR

La concentración de P4 en suero se determinó mediante el kit comercial 17-OH-progesterone ELISA (Demeditec Diagnostics GmbH, Germany). El ensayo se basa en el principio de la competencia entre la 17-hidroxiprogesterona presente en la muestra y una fracción de 17-OH-progesterona marcada enzimáticamente (con peroxidasa de rábano picante, HRP) por sitios de unión en anticuerpos específicos. Los resultados fueron obtenidos en densidad óptica (DO) de cada pocillo utilizando un fotómetro para microplacas (ThermoScientific®, Multiskan, Spain) a 450 nm y los resultados se expresaron en ng/mL.

Presentación y duración del estro

El estro se comenzó a evaluar 36 horas después de la aplicación de eCG. Los signos iniciales fueron registrados por el médico veterinario zootecnista responsable e incluyeron: aumento en la frecuencia de la micción, movimientos de la cola, presencia de edema vulvar y una ligera secreción mucosa clara, mayor movilidad dentro del rebaño, vocalización frecuente, atracción hacia el macho permitiendo el olfateo, y el reflejo de inmovilidad al ser montada por el carnero.

Esta fase dura entre 24 y 36 horas, por lo que el paseo de los sementales por el corral de las hembras se realizó cada 6 horas, una vez que la hembra se apareó fue alojada en un corral diferente.

El estro concluye cuando la hembra deja de ser receptiva y muestra rechazo activo hacia el macho evitando su proximidad o empujándolo. Este cese de la receptividad marca el final del periodo del estro.

Determinación de la gestación

Se realizó 50 días después de la copula utilizando un ultrasonido (ultrasonic® HS-2000, Japan) con transductor convexo a una frecuencia entre 3.5 a 5 MHz, adecuado para estudios de profundidad y para evaluar estructuras más grandes, como el útero gestante (Erdogan, 2012). El transductor se colocó en la región ventral, sobre la línea media del abdomen, justo por delante de la ubre. En esta posición, las ondas ultrasónicas pueden penetrar los tejidos abdominales y reflejar las estructuras del útero, fetos y líquido amniótico. El feto se puede visualizar con claridad a través del líquido amniótico que rodea a este. Es importante realizar barridos laterales para asegurar la detección de múltiples fetos.

Análisis estadísticos

Para el análisis de la concentración sérica de P4 se utilizó un diseño “modelo mixto lineal” con medidas repetidas a través del tiempo y para el análisis de presentación del estro y porcentaje de gestación se utilizó la prueba de “F exacta de Fisher”. El análisis se realizó con el programa estadístico SAS® (V9, 2002) y los comandos PROC MIXED y PROC FREQ respectivamente. Además de la utilización de RStudio (V2023.06.1) para la representación gráfica.

Resultados

Determinación de la concentración sérica de progesterona (CSP4)

Tabla 1. Concentración sérica de P4. En respuesta a su administración intravaginal (0.3 g) (T1) e intramuscular (25 mg/día) (T2) y en hembras ovinas Hampshire. μ : Media, EEM: Error estándar de las medias, T*Día: nos indica la interacción entre el tratamiento y el día.

Variable	Día	μ		EEM		p-Value	
		T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T	T*Día
Concentración de progesterona (ng/mL)	-4	0.71	1.56	0.25	0.10	> 0.05	> 0.05
	-2	1.15	1.34	0.27	0.08	> 0.05	> 0.05
	0	2.04	1.89	0.36	0.42	> 0.05	> 0.05
	+2	1.31	2.00	0.32	0.64	> 0.05	> 0.05

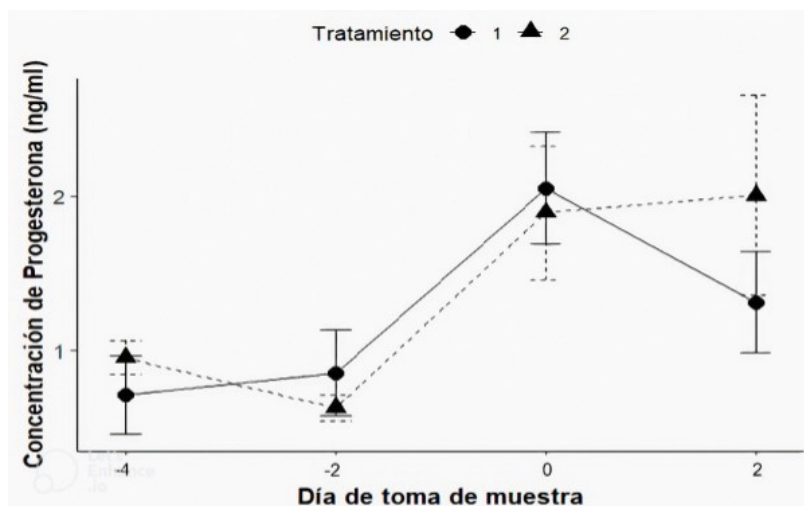


Figura 3. Variación de la concentración sérica de P4 por grupo. Tratamiento 1: uso de CIDR, Tratamiento 2: aplicaciones intramusculares de P4. Mostrando en el eje de las X son día de muestra y en el eje de las Y los valores de P4 en (ng/ml).

Presentación y duración del estro

Al concluir los protocolos de inducción a la ovulación en época de anestro correspondientes a cada tratamiento se evaluaron los puntos de presentación de edema, enrojecimiento de la vulva, comportamiento de apareamiento y aceptación del semental. La evaluación se realizó 36 horas después de la aplicación de eCG (Día "0") y posteriormente cada 6 horas.

En el caso de las hembras asignadas al tratamiento 1, el proestro inicio a las 36 horas, sin aceptación del semental, el estro a las 48 horas, etapa en la que buscaban al semental y eran receptivas al apareamiento. Esta conducta se mantuvo en promedio hasta las 72 horas.

En las hembras asignadas al tratamiento 2, la respuesta fue similar durante las primeras 36 horas, el estro inició a las 48 horas y se mantuvo en promedio hasta 84 horas, pero en algunas hembras se prolongó hasta las 120 horas.

Variables reproductivas

Tabla 2. Principales variables reproductivas. Los valores con superíndices iguales (a, a) por columna indican que no hay diferencia significativa ($p > 0,05$), en el caso de superíndices diferentes (a, b) por columna indican que hay diferencia significativa ($p < 0,05$) 1 tiempo después de retirar los tratamientos y la aplicación de eCG, 2 Basado en el diagnóstico de gestación con ultrasonido en el día 50. T1: tratamiento con CIDR, T2: tratamiento con aplicaciones intramusculares de P₄.

Tratamiento	T ₁	T ₂
Variable		
Presentación del estro (% ± SEM)¹	100±0.0 ^a (6/6)	100±0.0 ^a (6/6)
Inicio de estro (h ± SEM)	36±6 ^a	48±12 ^a
Final del estro (h ± SEM)	60±6 ^a	120±6 ^b
Duración del estro (h ± SEM)	24±6 ^a	72±6 ^a
Gestación (% ± SEM)²	83.3±0.15 ^a (5/6)	83.3±0.15 ^a (5/6)

Discusión

Concentración sérica de progesterona

Con base en las condiciones descritas en las cuales se desarrolló la presente investigación, la concentración de progesterona en sangre previo a la aplicación de P₄ exógena fue 0.71 ng/mL en hembras asignadas a la aplicación de P₄ a través de CIDR y 1.56 ng/mL en hembras asignadas a la aplicación de P₄ vía intramuscular sin diferencia ($P > 0.05$) entre ellas. Esta concentración es reportada por Perezgrovas y Castro (2000), donde mencionan que concentraciones inferiores de 3.92 y de 5.03 ng/ml corroboran el anestro estacional en hembras ovinas. Nuestros valores previos al tratamiento son comparables con los reportados por Amer y Hazzaa (2009), quienes también observaron bajos niveles basales de P₄ en ovejas en anestro. Sin embargo, la concentración inicial en el grupo intramuscular fue ligeramente mayor (1.56 ng/mL), lo que podría reflejar una variabilidad fisiológica individual.

La concentración de P₄ en sangre en hembras asignadas a la administración de esta hormona a través de CIDR al momento de retirarlo fue de 2.04 ng/mL y en hembras asignadas a la aplicación intramuscular fue 1.89 ng/mL sin diferencia ($P > 0.05$) entre ellas. Dehkordi et al. (2022) reportaron que la concentración sérica de P₄ en respuesta a tres aplicaciones intramusculares (cada 48 horas) de esta hormona diluida en aceite de olivo fue 2.06 ng/mL, además, en el grupo con una sola aplicación de P₄ su concentración en sangre incrementó de > 1,3 ng/mL, lo que sugiere que ambos protocolos alcanzan niveles suficientes de P₄ para inducir cambios fisiológicos, como la inducción a la ovulación.

Los resultados obtenidos en este estudio respecto a la concentración sérica de P₄ al momento de retirar los tratamientos con P₄ fueron de 1.31 ng/mL para los tratamientos de CIDR y 2.00 ng/mL para aplicaciones intramusculares, sin diferencia ($P > 0.05$) entre ellas. Amer y Hazzaa (2009) reportaron que del día 0 (momento de retirar los tratamientos) y hasta el día cinco la concentración de P₄ se mantuvo en 0.16 ± 0.02 ng/mL. Esta diferencia puede deberse a la formulación y dosificación utilizadas, así como a la vida media del compuesto administrado.

Cabe destacar que la concentración más alta mantenida en el grupo de aplicaciones intramusculares al final del tratamiento está relacionada con la prolongación de la duración del estro observada en este grupo debido a que debe de eliminarse la P₄ para que inicie el estro.

Presentación y duración del estro

Con base en las condiciones descritas en las cuales se desarrolló la presente investigación, la presentación del estro en las hembras fue similar ($P > 0.05$) en respuesta a ambos tratamientos. Este hallazgo concuerda con los resultados de Dehkordi et al. (2022) aplicaron tres dosis intramusculares cada 48 horas de P₄ diluida con aceite de oliva en ovejas Karakul obteniendo 81,8% de presentación del estro y 38,1% para el uso de una sola aplicación intramuscular.

De igual forma Amer y Hazzaa (2009) en ovejas Rahmani obtuvieron un 83,3% de presentación del estro con tratamientos de acetato de fluorogestona (20 mg) durante 6 días más eCG y un inicio de estro (horas) 37.4 ± 3.1 , similar al inicio de la presentación del estro en ambos grupos de hembras en el presente estudio: 36 horas para el uso de CIDR y 48 horas para aplicaciones intramusculares.

En cuanto al inicio del estro, en nuestro estudio se observó a las 36 horas (CIDR) y 48 horas (intramuscular). Estos tiempos son similares a los descritos por Amer y Hazzaa (2009), quienes reportaron un inicio de estro en ovejas Rahmani alrededor de las 37.4 ± 3.1 h. Sin embargo, el grupo intramuscular mostró una mayor duración del estro (hasta 120 h), lo que difiere de los datos reportados por Knights et al. (2001), quienes observaron una ventana más estrecha de 24 a 72 horas.

Esta prolongación del comportamiento estral podría estar relacionada con la cinética de liberación de la P₄ por vía intramuscular, permitiendo una estimulación más prolongada del eje hipotálamo-hipófisis-ovario a diferencia de los dispositivos de liberación controlada (Dutt, 1953) y (Seidi Samani et al., 2023). Además, este hallazgo refuerza lo propuesto por González-Bulnes et al. (2006) y Simões (2015), quienes sugieren que la administración de P₄ puede inducir nuevas ondas foliculares y aumentar la sensibilidad a las gonadotropinas.

En este contexto, Alvarado-Espino et al. (2016) reportaron que una sola aplicación de 20 mg de P₄ en cabras alpinas en época de anestro y 300 UI de hCG, el 90% de las cabras presentaron estro a diferencia del 100% cuando se aplica 100 UI de hCG. Respecto al estro, inició 76 y 54 horas después de la aplicación de hCG respectivamente. En otro estudio similar al anterior, Alvarado-Espino et al. (2019) reportaron que, con la aplicación de 20 mg de P₄ en cabras criollas, el estro inició 52 horas después de la administración de hCG en nulíparas y 60.5 horas en múltiparas.

Además, los resultados de este estudio contrastan con lo reportado por Santos-Jiménez et al. (2022), quienes observaron una baja expresión de estro en ovejas nulíparas durante el anestro estacional, a pesar de haber recibido tratamientos con progestágenos y eCG. Dicho estudio reportó una alta incidencia de ovulaciones silenciosas, asociadas a un desarrollo folicular deficiente y a la falta de señalización previa por progesterona. Esto sugiere que, en ovejas nulíparas, el comportamiento estral puede estar más comprometido, mientras que, en nuestro estudio, las ovejas múltiparas mostraron una expresión de estro más marcada y consistente.

González-Bulnes et al. (2006) mencionan que en cabras tratadas con una sola dosis de 25 mg de P₄ diluida en aceite de olivo mostraron signos de comportamiento estral durante los primeros 4 días (96 horas) después de la inducción del efecto macho, y mencionan que una dosis única de inyección de P₄ en cabras en anestro induce una nueva onda folicular, además, aumenta el número de folículos sensibles a las gonadotropinas (Simões, 2015).

Knights et al. (2001) utilizaron CIDR durante cinco días con y sin FSH en ovejas cruza de Suffolk con Dorset, reportando 75% de presentación del estro con cinco días de CIDR y 79% con CIDR más FSH. El porcentaje de ovejas tratadas con P₄ que exhibieron estro 24, 48 y 72 horas después de la introducción del semental fue 48% para los cinco días solo con CIDR y 19% para CIDR con FSH.

Santos-Jiménez et al. (2022) evaluaron la respuesta ovárica en función del uso de CIDR más prostaglandina y eCG durante la época de anestro en ovejas Dorper múltiparas y nulíparas. Todas las múltiparas presentaron estro y comenzó 41.5 horas con una duración de 29.5 horas, indicativos de un buen proceso ovulatorio donde 72.7% quedaron gestantes

Crosby et al. (1991) postularon que un alto nivel de P₄ es un requisito previo para una fertilidad aceptable e inducir a la ovulación. Además, el uso de gonadotropina, especialmente eCG, se incorpora de forma rutinaria en los protocolos basados en progestágenos que se utilizan para inducir la ovulación, esto nos permite

entender, el por qué en el tratamiento con aplicaciones intramusculares se prolongó la presentación del estro y su duración, sin embargo, sin diferencia estadística ($P > 0.05$).

Porcentaje de gestación

Con base en las condiciones descritas en las cuales se desarrolló la presente investigación, el porcentaje de gestación en hembras de ambos tratamientos fue de 83.3%. Este valor supera ampliamente los porcentajes reportados por Dehkordi et al. (2022) quienes obtuvieron 59.1% de gestación en hembras tratadas con tres aplicaciones intramusculares de P_4 diluidas en aceite de oliva y 23.8% para una sola aplicación intramuscular de esta misma. Amer y Hazzaa (2009) reportan un 75% de gestación con su tratamiento de 20 mg de acetato de fluorogestona durante seis días más eCG.

Alvarado-Espino et al. (2016) en cabras alpinas con una sola aplicación de P_4 a 20 mg en época de anestro, pero con diferentes dosis de hCG obtuvieron una tasa de preñez 67% con 50 UI de hCG y 100% con 100 UI de hCG.

Asimismo, los hallazgos concuerdan con los de Knights et al. (2001) en ovejas de cruza Suffolk con Dorset utilizaron CIDR durante cinco días con el uso de FSH y sin el uso de FSH, obtuvieron un 70% de gestación para el grupo de CIDR y de 66% con el uso de CIDR más FSH, lo cual es comparable con nuestros resultados aun sin la adición de FSH. En este contexto, el uso de eCG como adyuvante parece haber contribuido a los altos porcentajes observados.

A diferencia de los bajos porcentajes de gestación observados por Santos-Jiménez et al. (2022) en ovejas nulíparas (30%), nuestras tasas más elevadas pueden atribuirse tanto a la madurez reproductiva de las hembras utilizadas como a una mejor respuesta del eje hipotálamo-hipófisis-gónada. En su estudio, incluso hembras que expresaron estro no lograron preñez, lo que se relacionó con la formación de cuerpos lúteos subóptimos o sin una buena vida media. Esta diferencia subraya la importancia de considerar el estado fisiológico de las hembras y la paridad de las hembras al diseñar protocolos de inducción a la ovulación.

Por el contrario, otros estudios han demostrado que la tasa de gestación puede mejorarse con una aplicación de P_4 más prolongada mediante el uso de protocolos a largo plazo (83.3% después de 14 días de tratamiento contra 60% después de 9 días y 47.8% después de cinco días) (Joseph, Currie, & Rawlings, 1992).

Los resultados obtenidos en esta investigación pueden diferir con factores específicos del diseño experimental, como la dosis de hormonas, el momento de la administración o incluso diferencias fisiológicas entre especies y razas. Asimismo, Ding et al. (2022) han señalado que la regulación de la P_4 durante el desarrollo folicular es crucial y puede ser modulada por la administración de FSH y LH, lo que sugiere que combinaciones hormonales más complejas podrían ser necesarias para obtener efectos significativos en algunos casos como es el caso de la utilización de la eCG.

Conclusión

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio, se concluye que el uso de P_4 administrada por vía intramuscular por periodos cortos (tres días continuos) y la aplicación de eCG al final del tratamiento con P_4 en hembras Hampshire Down, es una opción más para la inducción a la ovulación en ovinos, debido a que la concentración sanguínea de P_4 es suficiente para el recambio folicular, posterior ovulación, presentación y duración del estro, así como el porcentaje de gestación sin diferencia con los protocolos tradicionales de 12 días con CIDR y eCG.

Agradecimientos

Expresamos nuestro sincero agradecimiento a la Dra. Carolina Guadalupe Sosa Gutiérrez y a todo su equipo de trabajo por su valiosa contribución a esta investigación. Su apoyo, asesoría y disposición para compartir su conocimiento fue fundamental para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

- Abecia JA, Forcada F, González-Bulnes A. 2012. Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Anim. Reprod. Sci.* 130: 173-179. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2012.01.011
- Alvarado-Espino AS, Meza-Herrera CA, Carrillo E, González-Álvarez VH, Guillen-Muñoz JM, Ángel-García O, et al. 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. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2016.02.019
- Alvarado-Espino AS, Menchaca A, Meza-Herrera CA, 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. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2018.12.035.
- Amer HA, Hazzaa AM. 2009. The effect of different progesterone protocols on the reproductive efficiency of ewes during the non-breeding season. *Vet. Archives* 79: 19-30.
- Arroyo J. 2011. Estacionalidad reproductiva de la oveja en México. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14: 829-845. DOI: 10.56369/tsaes.1044
- Bartlewski PM, Vanderpol J, Beard AP, Cook SJ, Rawlings NC. 2000. Ovarian antral follicular dynamics and their associations with peripheral concentrations of gonadotropins and ovarian steroids in anoestrous finnish Landrace ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 58: 273-291. doi:10.1016/S0378-4320(99)00092-5.
- Crosby TF, Boland MP, Gordon I. 1991. Effect of progestagen treatments on the incidence of oestrus and pregnancy rates in ewes. *Anim. Reprod. Sci.* 24: 109-118. DOI: 10.1016/0378-4320(91)90086-F
- Dehkordi RS, Mirzaei A, Boostani A. 2022. Reproductive efficiency of treated Karakul ewes with short-term progesterone and hCG injections during the non-breeding and breeding seasons. *Anim. Reprod. Sci.* 239: 106969. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2022.106969.
- Dutt RH. 1953. Induction of estrus and ovulation in anestrual ewes by use of progesterone and pregnant mare serum. *J. Anim. Sci.* 12: 515-523. DOI: 10.2527/jas1953.123515x.
- Erdogan G. 2012. Ultrasonic assessment during pregnancy in goats. *Reprod. Domest. Anim.* 47: 157-163. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2011.01873.x.
- Gonzalez-Bulnes A, Carrizosa JA, Urrutia B, Lopez-Sebastian A. 2006. Oestrous behaviour and development of preovulatory follicles in goats induced to ovulate using the male effect with and without progesterone priming. *Reprod. Fertil. Dev.* 18: 745-750. DOI: 10.1071/RD06003
- González SM, Ortega JA, Danés AAG, Félix MR, Flores CL, Coronel HM, Flores LAM, Moreno SS, Lozano MHR. 2010. Tecnologías para mejorar la producción ovina en México. *RedVET* 5: 41-51. DOI: 8080/jspui/handle/123456789/498
- Hafez ESE. 1952. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe. *J. Agric. Sci.* 42: 232-265. DOI: 10.1017/S0021859600056896
- Habeeb HMH, Kutzler MA. 2021. Estrus synchronization in the sheep and goat. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 37: 125-137. DOI: 10.1016/j.cvfa.2020.10.007
- Joseph IB, Currie WD, Rawlings NC. 1992. Effects of time after ovariectomy, season and oestradiol on luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone secretion in ovariectomized ewes. *J. Reprod. Fertil.* 94: 511-523. DOI: 10.1530/jrf.0.0940511.
- Knights M, Maze TD, Bridges PJ, Lewis PE, Inskeep EK. 2001. Short-term treatment with a controlled internal drug releasing (CIDR) device and FSH to induce fertile estrus and increase prolificacy in anoestrous ewes. *Theriogenology* 55: 1181-1191. DOI: 10.1016/S0093-691X(01)00476-9
- Menchaca A, Dos Santos Neto PC, Cuadro F. 2017. Estrous synchronization treatments in sheep: Brief update. *Rev. Bras. Reprod. Anim.* 41: 340-344. DOI: 10.22319/rmcp.v14i3.6309

- Menchaca A, Vilarino M, Pinczak A, Kmaid S, Saldaña JM. 2009. Progesterone treatment, FSH plus eCG, GnRH administration, and Day 0 protocol for MOET programs in sheep. *Theriogenology* 72: 477-483. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2009.04.002.
- Santos-Jimenez Z, Guillen-Gargallo S, Encinas T, Berlinguer F, Veliz-Deras FG, Martinez-Ros P, Gonzalez-Bulnes A. 2020. Use of propylene-glycol as a cosolvent for GnRH in synchronization of estrus and ovulation in sheep. *Animals* 10: 897. DOI: 10.3390/ani10050897.
- Santos-Jimenez Z, Martinez-Herrero C, Encinas T, Martinez-Ros P, Gonzalez-Bulnes A. 2020. Comparative efficiency of oestrus synchronization in sheep with progesterone/eCG and progesterone/GnRH during breeding and non-breeding season. *Reprod. Domest. Anim.* 55: 882-884. DOI: 10.1111/rda.13698
- Santos-Jimenez Z, Martinez-Ros P, Encinas T, Morales-Cruz JL, Guerrero-Gallegos HZ, Gonzalez-Avalos R, Gonzalez-Bulnes A, Guillen-Muñoz JM. 2022. Ovarian response and fertility after short-term progestagen/eCG treatments are compromised in nulliparous sheep during non-breeding season. *Vet. Sci.* 9: 663. DOI: 10.3390/vetsci9120663.
- Seidi Samani H, Niasari-Naslaji A, Vojgani M, Ganjkanlou M, Baninajjar M, Alijani A. 2023. Synchronization of estrus using progesterone injections followed by human menopausal gonadotropin in ewes. *Vet Res Forum.* 14: 145-151. DOI: 10.30466/vrf.2022.542734.3311.
- Simões J. 2015. Recent advances on synchronization of ovulation in goats, out of season, for a more sustainable production. *Asian Pac. J. Reprod.* 4: 157-165. DOI: 10.1016/S2305-0500(15)30014-2