



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**MAESTRÍA EN CIENCIAS ZOOTÉCNICAS Y  
SALUD ANIMAL**

**TESIS**

**INDUCCIÓN A LA OVULACIÓN EN OVINOS  
HAMPSHIRE CON PROTOCOLOS CORTOS DE  
PROGESTERONA EN ANESTRO**

**Para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias Zootécnicas y Salud Animal**

**PRESENTA**

MVZ Marco Antonio Herrera Monroy

**Director**

Dr. J Jesús Germán Peralta Ortiz

**Codirectora**

Dra. María Guadalupe Torres Cardona

**Comité tutorial**

Dr. Isaac Almaraz Buendía

Dra. Verónica Espinosa Muñoz

Ciudad Universitaria Tulancingo, 10 de febrero de 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Instituto de Ciencias Agropecuarias

School of Forestry and Environmental Studies

Maestría en Ciencias Zootécnicas y Salud Animal

Master's in Zootechnics and Animal Health

Asunto: Autorización de impresión

**Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado**  
**Directora de Administración Escolar de la UAEH**

El Comité Tutorial de la TESIS del programa educativo de posgrado titulado “Inducción a la ovulación en ovinos Hampshire con protocolos cortos de progesterona en anestro”, realizado por la (el) sustentante, Marco Antonio Herrera Monroy con número de cuenta 369390 perteneciente al programa de Maestría en Ciencias Zootécnicas y Salud Animal, una vez que ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el artículo 110 del reglamento de estudios de posgrado, tiene bien a extender la presente:

### AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Por lo que la sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.

Atentamente  
“Amor, Orden y Progreso”  
Tulancingo de Bravo, Hidalgo, a 10 de febrero de 2025

El Comité Tutorial

Dr. J Jesús Germán Peralta Ortiz  
Director

Dra. María Guadalupe Torres Cardona  
Codirectora

Dr. Isaac Almaraz Buendía  
Asesor

Dra. Verónica Espinosa Muñoz  
Asesora

Avenida Universidad Km. 1 s/n, Exhacienda  
Aquetzalpa, Tulancingo de Bravo, Hidalgo,  
México; C.P. 43600  
Teléfono: 771 71 72000 ext 2440  
meczya@uaeh.edu.mx



www.uaeh.edu.mx

---

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a mis padres, Laura Monroy Acosta y Ángel Herrera López, por su amor incondicional, su apoyo constante y su ejemplo de esfuerzo y dedicación. Gracias por haberme enseñado el valor del trabajo, la perseverancia y la importancia de nunca rendirme. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

Mi profundo agradecimiento a mi director de tesis, el Dr. J Jesús Germán Peralta Ortiz, por su orientación, paciencia y compromiso en la dirección de este trabajo. Su conocimiento y experiencia han sido clave para la realización de esta investigación.

Asimismo, agradezco a mi codirectora, la Dra. María Guadalupe Torres Cardona, y a mis asesores, el Dr. Isaac Almaraz Buendía y la Dra. Verónica Espinosa Muñoz, por su invaluable apoyo, sus consejos y sus aportes que enriquecieron significativamente este proyecto.

Quiero hacer una mención especial a la Dra. Carolina Guadalupe Sosa Gutiérrez por su apoyo y colaboración en su laboratorio, lo que contribuyó de manera importante al desarrollo de esta investigación.

A mis amigos y compañeros de estudio, Felipe, Eduardo y Samuel, por compartir este camino conmigo. Gracias por su compañía, por los momentos de aprendizaje, de risa y por ser un gran apoyo en esta etapa de mi vida.

Agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e innovación (SECIHTI) antes CONACYT, por el apoyo económico brindado durante el desarrollo de mis estudios de maestría. Su respaldo fue fundamental para la realización de este trabajo, permitiéndome enfocarme plenamente en mi formación académica y en el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a todas las personas y organizaciones que de alguna manera contribuyeron al desarrollo de esta investigación, ya sea proporcionando datos, recursos o asesoría técnica. Sin su ayuda, este proyecto no hubiera sido posible.

A todos, mi más sincero agradecimiento.

---

## DEDICATORIA

A mis padres, Laura Monroy Acosta y Ángel Herrera López, pilares fundamentales en mi vida. A mi madre, quien me enseñó que el conocimiento es una puerta a nuevas oportunidades y que el estudio es la clave para alcanzar nuestros sueños. A mi padre, quien con su esfuerzo diario me mostró el verdadero valor del trabajo, la disciplina y la constancia. Gracias a ustedes, hoy puedo ver reflejado en este logro todo lo que me han enseñado.

A mis hermanos, Luis Ángel Herrera Monroy y Diana Laura Herrera Monroy, con la esperanza de que este camino que he recorrido los motive a seguir adelante en sus estudios y a nunca rendirse ante los desafíos. Confío en que lograrán todo lo que se propongan, y siempre estaré para apoyarlos.

A la MVZ Brenda García Ángeles, por ser mi refugio en los momentos difíciles, por su paciencia, amor y compañía incondicional a lo largo de este camino. Gracias por estar siempre a mi lado, por creer en mí y por darme la fuerza para seguir adelante cuando más lo necesitaba.

A mis amigos y compañeros de estudio, Felipe, Samuel y Eduardo, con quienes compartí largas horas de aprendizaje, desafíos, risas y esfuerzo mutuo. Más que compañeros, se convirtieron en una parte fundamental de esta etapa de mi vida, demostrando que el apoyo y la amistad hacen más llevadero cualquier reto.

A todos ustedes, les dedico con gratitud y cariño este logro.

---

## RESUMEN

En la actualidad se busca la forma de controlar la reproducción en la hembra ovina, debido a que de manera natural solo exhiben un estro estacional por año, esto nos lleva al uso de protocolos para inducción a la ovulación por periodos cortos en época de anestro, algunos de estos métodos utilizados son la administración de hormonas que actúan a nivel del ciclo estral, con el fin de reducir el número de días, costos y manejo favoreciendo el bienestar animal. El objetivo del estudio fue evaluar el uso de la progesterona vía intramuscular en época de anestro por periodos cortos para la inducción a la ovulación en ovinos Hampshire. El estudio se realizó en el estado de Hidalgo, en la localidad de San Dionicio, municipio de Acatlán, con 12 ovejas multíparas de la raza Hampshire, se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos a los que se les asignó uno de los tratamientos. En el tratamiento 1 (T<sub>1</sub>) se utilizaron 6 ovejas a las que se les administro 0.3 g de progesterona en CIDR por vía intravaginal (CIDR Zoetis®) durante 12 días. En el tratamiento 2 (T<sub>2</sub>) se utilizaron 6 ovejas a las que se les administro 25 mg de progesterona inyectable (Progesterona Zoetis®) vía intramuscular durante 3 días. Al término de ambos tratamientos, se aplicaron 500 UI de eCG (Virbac®) por vía intramuscular dosis única a ambos tratamientos. La concentración de progesterona en sangre se determinó cada tercer día por punción directa en la vena yugular y se procesaron por la técnica de ELISA tipo sándwich, la presentación y duración del estro se determinó con la presencia del carnero provisto de un mandil cada seis horas y el porcentaje de fertilidad se realizó mediante ultrasonido 50 días después de la monta. En los resultados obtenidos no hubo diferencia en la concentración sérica de progesterona ( $P > 0.05$ ), la presentación del estro fue de 36 horas promedio para el tratamiento con CIDR y 72 horas promedio para el tratamiento con aplicaciones intramusculares, por último, para el porcentaje de gestación no hubo diferencia (83.3%) en ambos tratamientos.

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

---

## ABSTRACT

Currently, there is a search for ways to control reproduction in the female sheep, since they naturally exhibit only one seasonal estrus per year, this leads to the use of protocols for ovulation induction for short periods during the anestrus season, some of these methods used are the administration of hormones that act at the estrous cycle level, this in order to reduce the number of days, costs and management, favoring animal welfare. The objective of the study was to evaluate the use of intramuscular progesterone during anestrus for short periods for ovulation induction in Hampshire sheep. The study was carried out in the state of Hidalgo, in the municipality of Acatlán with 12 multiparous Hampshire ewes, randomly distributed in two groups to which one of the treatments was assigned. In treatment 1 (T<sub>1</sub>), 6 ewes were administered 0.3 g of progesterone in CIDR intravaginally (CIDR Zoetis®) for 12 days. In treatment 2 (T<sub>2</sub>), 6 ewes were administered 25 mg of injectable progesterone (Zoetis® Progesterone) intramuscularly for 3 days. At the end of both treatments, 500 IU of eCG (Virbac®) was applied intramuscularly in a single dose to both treatments. The progesterone concentration in blood was determined every third day by direct puncture in the jugular vein and processed by sandwich ELISA technique, the presentation and duration of estrus was determined by the presence of the ram provided with an apron every six hours and the fertility percentage was determined by ultrasound 50 days after mating. The results obtained were that there was no difference in the plasma concentration of progesterone (P > 0.05), estrus presentation was 36 hours average for the treatment with CIDR and 72 hours average for the treatment with intramuscular applications, finally, for the percentage of gestation there was no difference (83.3%) in both treatments.

**Keywords:** induction, ovulation, progesterone, sheep, anestrus.

---

# ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
Panorama de la producción ovina.....	11
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>Endocrinología reproductiva de la hembra ovina .....</b>	<b>14</b>
Glándula pineal .....	14
Hipotálamo.....	15
Hipófisis .....	15
Ovario .....	16
Folículo .....	16
Hormonas placentarias .....	17
<b>Fisiología de la reproducción .....</b>	<b>17</b>
Ciclo estral.....	18
Anestro estacional .....	18
<b>Manipulación del ciclo estral .....</b>	<b>20</b>
Sincronización del estro .....	21
Inducción a la ovulación .....	23
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>26</b>
<b>HIPÓTESIS .....</b>	<b>27</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>27</b>

---

Objetivo general .....	27
Objetivos específicos .....	27
<b>MATERIALES Y MÉTODOS / METODOLOGÍA .....</b>	<b>28</b>
Área de estudio .....	28
Aprobación ética.....	28
Unidad experimental .....	28
Metodología.....	28
Determinación de la concentración sérica de progesterona.....	30
Presentación y duración del estro.....	31
Determinación de la gestación. ....	32
Diseño experimental.....	33
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
Concentración plasmática de progesterona .....	34
Presentación y duración del estro.....	35
Variables reproductivas .....	36
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>37</b>
Concentración plasmática de progesterona .....	37
Presentación y duración del estro.....	37
Porcentaje de gestación .....	38
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>41</b>

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Producción en número de cabezas de ovinos a nivel mundial.....	11
<b>Figura 2.</b> Producción en número de cabezas de ovinos en América .....	11
<b>Figura 3.</b> Participación por estado en la producción carne en canal de ovinos.....	12
<b>Figura 4.</b> Participación por municipio en la producción de ovinos en pie en Hidalgo .....	13
<b>Figura 5.</b> Diagrama del eje hipotálamo-hipófisis-ovario .....	14
<b>Figura 6.</b> Protocolos utilizados .....	29
<b>Figura 7.</b> Toma de muestras.....	30
<b>Figura 8.</b> Diagnóstico de gestación .....	32
<b>Figura 9.</b> Variación de la concentración sérica de P <sub>4</sub> por grupo.....	34
<b>Figura 10.</b> Distribución de la concentración de P <sub>4</sub> .....	35

---

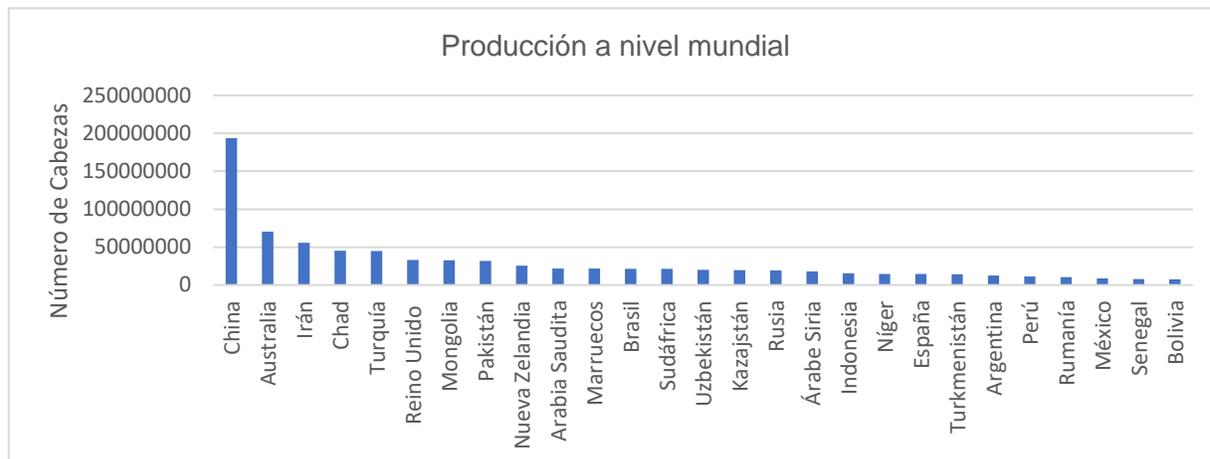
## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Cuadro 1.</b> Duración de la época reproductiva en ovejas. ....	19
<b>Cuadro 2.</b> Intervalos de concentraciones sérica de progesterona (CSP <sub>4</sub> ) en ng/mL.....	21
<b>Cuadro 3.</b> Protocolos utilizados en época reproductiva.....	22
<b>Cuadro 4.</b> Protocolos utilizados en época no reproductiva.....	24
<b>Cuadro 5.</b> Concentración de P <sub>4</sub> sangre. ....	34
<b>Cuadro 6.</b> Principales variables reproductivas.....	36

# INTRODUCCIÓN

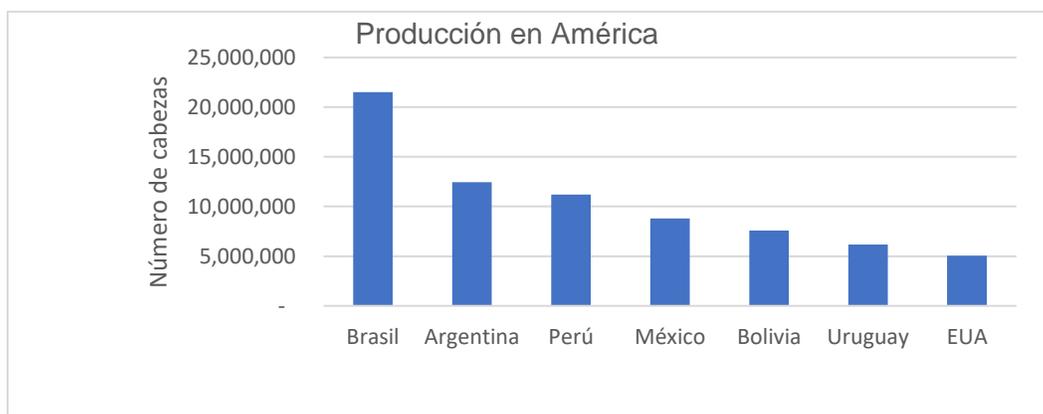
## Panorama de la producción ovina

En 2022, los países que lideraron la producción en número de cabezas de ovinos son China con 194,030,100 cabezas, Australia con 70,234,655 cabezas, Irán con 55,582,000 cabezas, Chad con 45,081,553 cabezas y Turquía con 44,687,888 dejando a México en el lugar 25 con una producción de 8,805,415 (Figura 1) (FAOSTAT, 2022).



**Figura 1.** Producción en número de cabezas de ovinos a nivel mundial, FAOSTAT (2022).

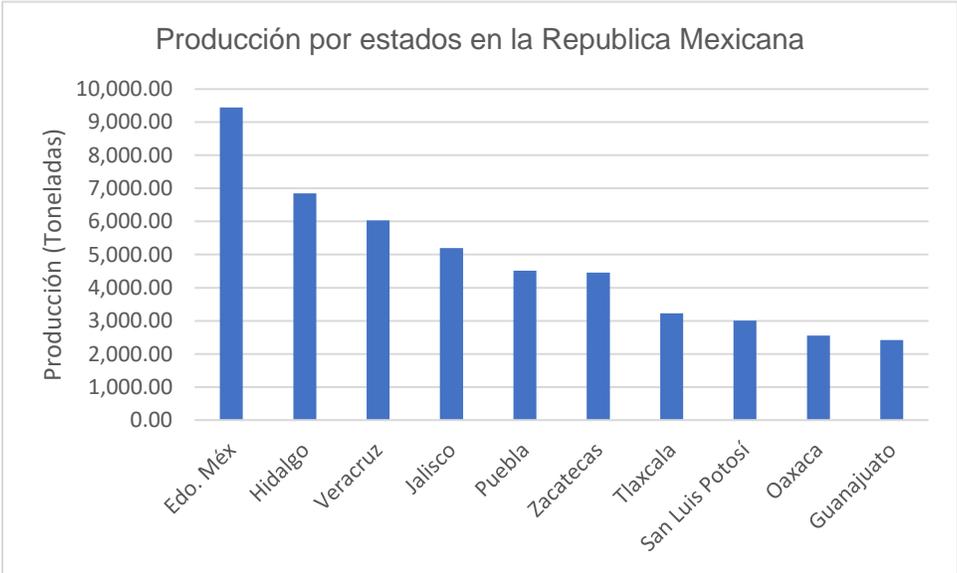
La producción ovina es menos prominente en México que en otras regiones, ya que países como Brasil, Argentina y Perú encabezan la producción en América dejando a México en lugar 4 (Figura 2). La producción total de carne ovina en América Latina fue de aproximadamente 675,000 toneladas en 2022. México, en particular, ha centrado sus esfuerzos en mejorar la calidad genética y productiva, especialmente en estados como Hidalgo, Estado de México y Zacatecas, donde se crían razas adaptadas al clima local (FAOSTAT, 2022).



**Figura 2.** Producción en número de cabezas de ovinos en América, FAOSTAT (2002).

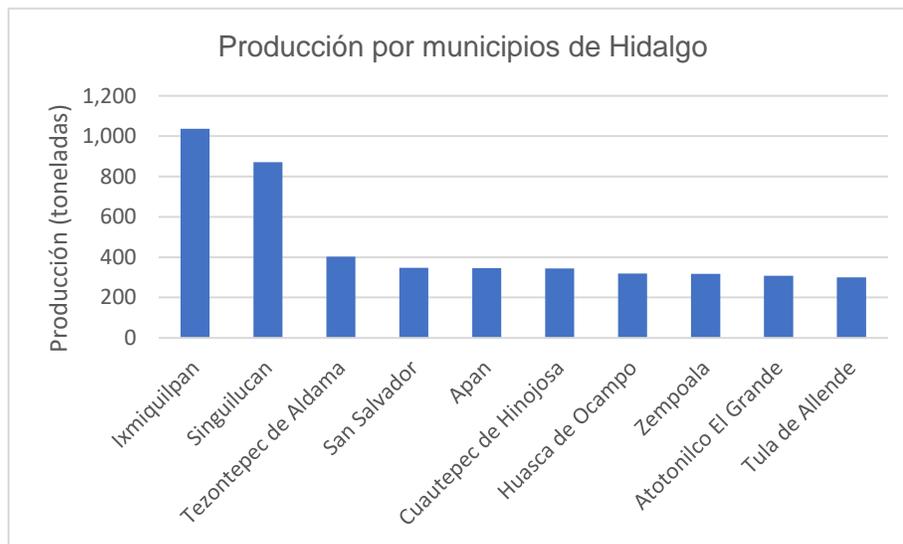
En México, la producción ovina se centra principalmente en ganado de tipo criollo, mientras que un porcentaje menor está constituido por razas puras como Suffolk, Hampshire, Rambouillet y Corriedale, junto con otras razas adaptadas, como Pelibuey, Black Belly y Katahdin. En 2016, la producción alcanzó casi 118 mil toneladas de ovinos en pie, de las cuales aproximadamente 60,300 toneladas se destinaron a carne en canal. Alrededor del 95% de esta carne se consume en forma de barbacoa. Además, la producción de lana sucia fue de 4,854 toneladas (SADER, 2017). Según la FAOSTAT (2022) México produjo aproximadamente 76,000 toneladas de carne ovina.

En 2023, el Estado de México lideró la producción de carne ovina en canal con un 13.8% del total nacional, equivalente a 9,446 toneladas, le siguieron Hidalgo, Veracruz, Jalisco y Puebla con producciones de 6,852 (10.01%), 6,029 (8.80%), 5,200 (7.59%) y 4,516.38 (6.59%) toneladas respectivamente (Figura 3) (SIAP, 2023).



**Figura 3.** Participación por estado en la producción carne en canal de ovinos, SIAP (2023).

En el estado de Hidalgo, los municipios con mayor producción de ovino en pie en el año 2023 fueron Ixmiquilpan con 1,037.12 toneladas, Singuilucan con 871.867 toneladas, Tezontepec de Aldama 403.02 toneladas, San Salvador con 347.984 toneladas y Apan con 346.129 toneladas (Figura 4) (SIAP, 2023).



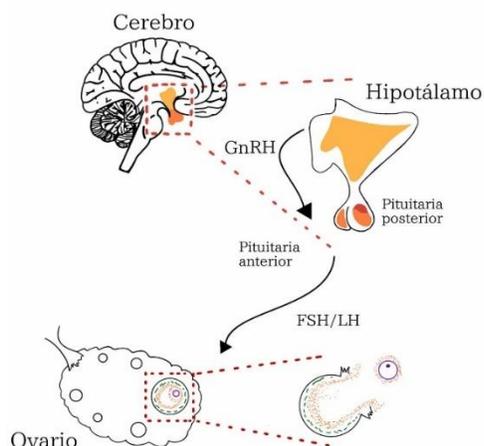
**Figura 4.** Participación por municipio en la producción de ovinos en pie en Hidalgo, SIAP (2023).

---

# MARCO TEÓRICO

## Endocrinología reproductiva de la hembra ovina

Ciencia que se encarga del estudio del sistema endocrino, donde están involucradas glándulas y hormonas, entre ellas se mencionan las de importancia para la reproducción como es el eje hipotálamo-hipófisis-ovario (Figura 5) y su función (Rangel Porta & Hernández Medrano, 2018).



**Figura 5.** Diagrama del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, Galina et al. (2021).

### Glándula pineal

Se encuentra ubicada en la parte posterior del tercer ventrículo, entre los dos hemisferios cerebrales, en los pinealocitos es donde se sintetiza la melatonina durante las horas de oscuridad a partir del triptófano, cuando se presenta una menor duración en la secreción de melatonina durante los días largos, permite la síntesis de dopamina en el área preóptica, la cual ejerce su efecto reduciendo la producción de GnRH e induce el anestro estacional (Arroyo, 2011).

### Melatonina

Es una hormona considerada dentro del grupo de las indolaminas, es hidrosoluble, tiene receptores, regula la secreción de Hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) provocando una sub-regulación o sobre-regulación de la FSH (hormona foliculo estimulante) y LH (hormona luteinizante) en el caso de los ovinos hay un incremento de estas hormonas en época reproductiva y un decremento en época de anestro estacional (González-Candia et al., 2021).

---

## Hipotálamo

Se encuentra cerca de la línea media ventral del diencefalo, tiene grupos neuronales, colectivamente denominados núcleos, que secretan hormonas peptídicas importantes para controlar la actividad de la hipófisis (Cunningham & Klein, 2014). Segrega la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) la que se deposita en el sistema porta hipofisiario para trasladarse al lóbulo anterior de la hipófisis y estimular la secreción de gonadotropinas: FSH y LH (Aguado et al., 2022).

### Oxitocina

Es un neuropéptido que está implicado en la conducta maternal y la liberación pulsátil de la prostaglandina  $F_{2\alpha}$  ( $PgF_{2\alpha}$ ) del útero durante la luteolisis, también es secretada en respuesta a la estimulación mecánica del cérvix, en las contracciones uterinas (contracción del musculo liso) para el proceso del parto y la involución uterina (Insel et al., 2001).

### Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)

Es una hormona polipeptídica (10 aminoácidos) producida por neuronas del hipotálamo, tiene una vida media de 10 minutos y se libera en forma de pulsos en el torrente sanguíneo portal hipofisiario, la cual llega a la glándula hipófisis para la liberación de la FSH y LH, éstas a su vez con receptores en el ovario para la presentación de ciclos estrales en los ovinos (Arbabi et al., 2021).

## Hipófisis

Se divide en tres partes: un lóbulo anterior también denominado adenohipófisis; un lóbulo intermedio; y uno posterior, denominado neurohipófisis, esta glándula responde sintetizando hormonas importantes para el control gonadal como son FSH y LH (Cunningham & Klein, 2014).

### Hormona folículo estimulante (FSH)

Induce la expresión de la aromatasa del citocromo P450 (CYP19), crecimiento y maduración del folículo y el aumento en la secreción de estradiol ( $E_2$ ) (Ding et al., 2022).

### Hormona luteinizante (LH)

Está relacionada con la ovulación al inducir la activación del factor de crecimiento. La concentración, amplitud y frecuencia de esta hormona varía durante el ciclo estral, teniendo un pico más alto durante la pre-ovulación, además la secreción de LH aumenta los niveles de progesterona ( $P_4$ ) y esta a su vez puede promover la síntesis de enzimas

---

proteolíticas y por consecuencia ocasiona la maduración del folículo a nivel gonadal para inducir la ovulación de los folículos (Ding et al., 2022).

## Ovario

Se localizan en la región sublumbar, estas estructuras son los sitios de desarrollo de los ovocitos, e intervienen activamente en la producción hormonal, están compuestos por una corteza o parte externa y una médula o parte interna (Rangel & Hernández Medrano, 2021). Dependiendo de la fase del ciclo estral, tendremos presente un cuerpo lúteo o folículos y por consecuencia las hormonas que se estén produciendo (Ali & Derar, 2021).

## Cuerpo lúteo

Es la estructura encargada de producir  $P_4$  y se forma una vez que el folículo ovulatorio expulsa al ovocito (ovulación), su consistencia es dura y por la coloración observada también se llama cuerpo amarillo.

## Progesterona ( $P_4$ )

Es una hormona esteroidal producida por el colesterol catalizado por la proteína StAR, se produce en los ovarios (cuerpo lúteo), glándulas adrenales y placenta. Como funciones interviene en la implantación embrionaria y el mantenimiento de la gestación (Lozano-González et al., 2012).

## Folículos

Tienen un proceso desde el estado preantral donde la granulosa y la teca deben desarrollar receptores para las gonadotropinas, posteriormente se forman los folículos antrales que vienen marcados por la aparición de líquido que comienza a dividir la granulosa. Este líquido forma una cavidad conocida como antro, teniendo receptores a gonadotropinas (Cunningham & Klein, 2014).

Se cuenta con folículos primordiales, primarios, secundarios y folículos terciarios, actualmente se conoce como folículo terciario joven y folículo terciario maduro o folículo de Graaf (Delgado et al., 2011).

## Estrógenos ( $E_2$ )

Son los encargados de regular la retroalimentación positiva (feedback positivo) en el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, los receptores a GnRH, y por consecuente la GnRH regula el nivel de receptores de estrógeno, por lo que tienen una comunicación cruzada hacia una retroalimentación positiva (Clarke, 2002).

---

## Hormonas placentarias

### Gonadotropina coriónica equina (eCG)

Producida por las copas endometriales de la placenta del equino para la producción de cuerpos lúteos accesorios y en otras especies actúa como FSH, además el uso durante la época de anestro estacional mejora la tasa y el alcance del estro y por lo tanto, una mayor respuesta a la ovulación como es el caso de los ovinos (Días et al., 2020).

### Gonadotropina coriónica humana (hCG)

Es producida por la placenta del humano y se utiliza en animales para inducir la ovulación, ya que se une a receptores de hormona luteinizante/coriogonadotropina (LHCGR) y tiene una actividad luteotrópica, por lo que hay una mayor secreción de  $P_4$  (Días et al., 2020).

## Fisiología de la reproducción

Conocer los fundamentos básicos de la fisiología de la reproducción de la hembra ovina determina en gran medida la eficiencia reproductiva y su utilidad económica. Esto depende de la integración precisa de eventos, tanto fisiológicos como conductuales, con el objetivo de combinar el material genético de la hembra y el macho. Los ciclos estrales de la hembra ovina se caracterizan por la presencia de oleadas foliculares, durante el ciclo estral, anestro estacional y durante la gestación, cada uno de estos puede presentar de dos a tres oleadas foliculares (Bartleswki et al., 1996).

Las características de las oleadas foliculares se resumen en un folículo que alcance un diámetro cercano a 5 mm, el folículo seleccionado crece de 5-7 días y a medida que avanza a la fase lútea aumentan las concentraciones de  $P_4$ , lo cual también facilita el recambio folicular durante la fase lútea media tardía. Los folículos que no crecen más allá de 4 mm parecen no ser parte del fenómeno ondulatorio, se ha sugerido que representan un conjunto dinámico subyacente, el folículo finalmente llega a la ovulación. En la mayoría de los ciclos ovulatorios dobles, los folículos ovulatorios emergen como parte de la misma onda folicular (Menchaca et al., 2017).

El cuerpo lúteo de las ovejas tiene potencial para sintetizar melatonina. Esto puede estar asociado con la capacidad de la melatonina para promover la secreción de altos niveles de  $P_4$  (Xiao et al., 2018).

---

## Ciclo estral

Es una cadena recurrente de eventos en donde se involucra el hipotálamo, hipófisis, los ovarios y el útero a través de mecanismos de señalización que les permite coordinar la función reproductiva (Goodman, 1994). El estradiol y la  $P_4$  tienen un papel importante en el control del ciclo estral actuando respectivamente en sus órganos diana (Meikle et al., 2004)

El ciclo estral de la hembra ovina tiene una duración en promedio de 17 días, donde se han definido dos fases: una fase lútea desde el segundo día hasta el día 13, y una fase folicular que comprende desde el día 14 hasta el día primero, donde se da la presentación del estro (Lozano-González et al., 2012). La fase folicular representada por proestro y estro involucra desde la atracción y receptividad al macho hasta la ovulación, de manera fisiológica se produce la maduración del ovocito, ovulación y liberación al oviducto para su fecundación. La fase lútea consta del metaestro y diestro, donde se forma el cuerpo lúteo para producir  $P_4$ , cuya función es mantener la gestación y culmina con la luteólisis, debido a la producción de prostaglandina  $F_{2\alpha}$  en el caso de no presentar fecundación (Galina et al., 2021).

Además, la hembra ovina presenta una fase de anestro que se caracteriza por una inactividad sexual en respuesta a diferentes factores, por ejemplo, sociales, climáticos y estacionales. Esta especie es considerada de luz diurna corta, es decir que su época reproductiva es durante otoño e invierno y su anestro estacional durante primavera y verano. Este comportamiento es utilizado como estrategia para coordinar el nacimiento de sus crías en temporada óptima, facilitando su supervivencia, crecimiento y el reinicio de la actividad ovárica (Arroyo, 2011).

## Anestro estacional

Las hembras ovinas son animales poliéstricas estacionales, lo que significa que exhiben estro y ovulación espontáneos durante los períodos de horas luz diurna corta (época reproductiva), pero no durante los períodos de horas luz diurna prolongada (época de anestro) (Habeb & Anne Kutzler, 2021).

La prolongación del anestro depende de la ubicación geográfica (latitud) y del tipo racial de las ovejas (lana o pelo) es decir que el genotipo influye fuertemente en la estacionalidad reproductiva. Se ha planteado que razas originarias de latitudes extremas (cercanas a los polos) presentan anestro estacional mayor a cinco meses de duración, en ocasiones hasta de ocho meses, mientras que en las razas originarias cercanas al ecuador no suele superar los tres meses de anestro (Arroyo, 2011). En México, en la región central

y norte predominaba inicialmente la oveja de lana y posteriormente se fueron integrando ovejas de pelo de la región sur del país, la cual nos da la ventaja de desarrollar programas reproductivos todo el año sin utilizar fármacos hormonales u otras estrategias, como la bioestimulación sexual como es el caso de los ovinos de lana (Cuadro 1) (Arroyo, 2011). Hafez (1952), mencionó que las ovejas de origen ecuatorial presentan una reducida estacionalidad reproductiva e incluso, ausencia de la misma, siendo capaces de reproducirse todo el año.

**Cuadro 1.** Duración de la época reproductiva en ovejas.

Raza	n	Días ± D.E.
<b>Rambouillet</b>	21	209.8 ± 10
<b>Criolla</b>	26	205 ± 10.4
<b>Romney m.</b>	24	148 ± 7.4
<b>Corridale</b>	21	131.5 ± 5.9
<b>Suffolk</b>	20	123.5 ± 9.8

Cinco razas en el altiplano central mexicano (19° Lat. N) (adaptada de Arroyo, 2011).

En ovinos productores de lana la gestación dura 5 meses, pero solo se obtiene un parto por año sin intervención externa, por lo que se ha buscado aumentar el número de partos de 3 cada 2 años o 5 cada 3 años, con la inducción a la ovulación en época no reproductiva (Habeeb & Anne Kutzler, 2021).

Cuando las hembras ovinas se encuentran en una etapa de anestro fisiológico ya sea prepuberal, estacional, posparto o lactacional, tienen una sensibilidad hipotalámica a la retroalimentación negativa. Esto se debe a que los estrógenos ejercen una retroalimentación negativa sobre la secreción de GnRH y las gonadotropinas, impidiendo que los folículos se desarrollen y no producir el suficiente estradiol para inducir un pico preovulatorio de LH. Por lo anterior, los métodos para inducir a la ovulación son el uso de hormonas que reducen la sensibilidad a la retroalimentación negativa de los estrógenos o estimulan el desarrollo folicular hasta generar una elevación preovulatoria de LH (Rangel et al., 2018).

Se ha encontrado la presencia de oleadas foliculares durante el ciclo estral y durante la gestación, así también en época de anestro estacional, por lo que niveles altos de P<sub>4</sub> exógena administrada vía intravaginal provocan una regresión del folículo dominante y

---

aceleran el recambio folicular, actuando a nivel del eje hipotálamo-hipófisis, como un cuerpo lúteo exógeno (Menchaca et al., 2017).

## **Manipulación del ciclo estral**

Estas estrategias dependen si la hembra ovina está en estro o anestro estacional. Cuando controlamos el ciclo estral agrupando un número de animales para lograr que los eventos de presentación del estro y gestación sean simultáneos se le conoce como sincronización del ciclo estral, mientras que cuando se busca sacar del anestro estacional, desencadenando la fase folicular, expresión del estro y por último la ovulación se le conoce como inducción a la ovulación.

Los métodos que utilizan la P<sub>4</sub> o sus análogos se basan en sus efectos en la fase lútea del ciclo, simulando la acción de la P<sub>4</sub> natural producida por el cuerpo lúteo después de la ovulación, que es el responsable de controlar la secreción de LH de la hipófisis (Abecia et al., 2012).

A menudo se utilizan varios progestágenos para inducir y sincronizar el estro y la ovulación en pequeños rumiantes. Aun cuando se prefieren los protocolos basados en progestágenos para controlar la reproducción, tienen el potencial de contaminación ambiental debido a la P<sub>4</sub> residual en los dispositivos usados y la adición de antibióticos para evitar la vaginitis (Almadaly et al., 2015).

Los protocolos de inducción a la ovulación en época no reproductiva son utilizando P<sub>4</sub> sintética o natural, lo más común es la utilización de esponjas con P<sub>4</sub> sintética complementado con la administración de eCG, sin embargo, se tiene la necesidad de reconsiderar estos protocolos debido a razones económicas y sociales, además de la salud, el bienestar animal, la seguridad alimentaria y el impacto ambiental (Ayaseh et al., 2021).

Existen factores que pueden afectar la fertilidad en los protocolos de inducción a la ovulación como son los niveles circulantes de P<sub>4</sub>, y su liberación a través de las esponjas durante 12 días. Por lo general, alcanza su punto máximo dentro de los primeros dos días y esta disminuye de manera gradual, provocando casos de formación de folículos persistentes, función lútea prolongada y fertilidad reducida (Amer & Hazzaa, 2009).

Actualmente, la evidencia ecográfica sobre los patrones de crecimiento de los folículos junto con cuestiones de salud y bienestar han dado como resultado el acortamiento de los protocolos basados en P<sub>4</sub> con respecto a los días de tratamiento (5–7 días) (Martinez-Ros et al., 2018).

La P<sub>4</sub> inhibe la secreción pulsátil de la GnRH y por tanto, de la LH en un efecto opuesto a la retroalimentación positiva del E<sub>2</sub> sobre la secreción de GnRH y LH. También, durante la fase lútea del ciclo, cuando las concentraciones de P<sub>4</sub> son altas, la frecuencia de los pulsos de GnRH/LH es baja. La disminución de la concentración de P<sub>4</sub> después de la luteólisis, permite que la frecuencia del pulso de GnRH/LH aumente cuando se estimula con mayores concentraciones de E<sub>2</sub> (Santos-Jimenez et al., 2022).

Debido a alteraciones en los patrones de liberación de LH, la calidad de la ovulación, el bienestar animal y sus efectos en la salud pública, se está cuestionando el uso de progestagenos y se estudian protocolos más cortos, con menos dosis y dispositivos de liberación más efectivos (Abecia et al., 2011).

Se han utilizado dispositivos que contienen 0.3 g (300 mg) de P<sub>4</sub> que provocan un aumento rápido en las concentraciones séricas de esta hormona (>5 ng/mL) con tan solo 4 a 5 días de tratamiento. Sin embargo, después de 6 o 7 días de tratamiento, las concentraciones de P<sub>4</sub> en sangre disminuyen a niveles sublúteos (<2 ng/mL), provocando un folículo dominante persistente (Franco & Velásquez, 2012). Además, se tienen estudios de la concentración sérica de P<sub>4</sub> en su ciclo estral para tener una base de comparación (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Intervalos de concentraciones sérica de progesterona (CSP<sub>4</sub>) en ng/mL.

Especie	Día del ciclo estral	CSP <sub>4</sub>
<b>Ovinos</b>	0 - 2	0.5 – 1
	3 - 5	2 - 4
	6 - 12	5.- 7
	13 - 16	1 - 3
	17 - 21	

Concentración sérica de progesterona en su ciclo estral en época reproductiva. Modificado de Franco & Velásquez (2012).

La concentración de P<sub>4</sub> circulante se puede medir en suero o plasma, estos valores son cíclicos y dependen de la edad, en el caso de las hembras ovinas una concentración inferior de 3.92 y de 5.03 ng/ml corroboran el anestro estacional en hembras ovinas (Perezgrovas y Castro, 2000).

Cuando la hembra ovina está en época reproductiva y controlamos el ciclo estral agrupando un número de animales para lograr que los eventos de presentación del estro

se le conoce como sincronización del estro del cual se han utilizado diferentes protocolos (Cuadro 3).

Se han utilizado protocolos como la administración de prostaglandina  $F_{2\alpha}$  (para inducir la lisis de los cuerpos lúteos, posteriormente se presenta el estro y la ovulación) además de  $P_4$  o sus análogos (para imitar la actividad del cuerpo lúteo) o una combinación de ambos (para acortar la duración del tratamiento con progesterona) (Bruno-Galarraga et al., 2021).

En el caso de la utilización de esponjas con progestágeno, este es absorbido hacia el torrente sanguíneo, llegando al hipotálamo y a la hipófisis para inhibir la secreción de GnRH y LH. Después de retirar la esponja la concentración sanguínea de progestágeno disminuye, lo que conlleva a una secreción pulsátil de LH que culmina en un pico de LH y la ovulación. El estro se presenta 48 horas después de retirar la esponja y la ovulación entre 24 y 30 horas después del inicio del estro (Rangel et al., 2018).

Dehkordi et al. (2022), mencionan que el tratamiento largo de progesterona intravaginal causa bajas concentraciones de esteroides, cambios hormonales, inconsistencias entre estro y ovulación y reduce la fertilidad, es por eso que se recomienda solo su uso por 5-6 días en combinación con el uso de  $PG_{2\alpha}$ .

**Cuadro 3.** Protocolos utilizados en época reproductiva.

Tratamiento	Duración (días)	Inseminación o monta natural	Combinación	PE <sup>8</sup> (%)	Ges <sup>9</sup> (%)	Referencia
<b>CIDR<sup>1</sup> 0.3g</b>	9	IATF <sup>4</sup>	eCG <sup>7</sup>	100	89.5	Nakafeero et al. (2020)
	9		Efecto macho	95.2	81	
	14		eCG	100	63.2	
	14		Efecto macho	100	63.2	
<b>CIDR 0.3g</b>	14	IAL <sup>5</sup>	-	96.9	77.8	Swelum et al. (2015)
<b>FGA<sup>2</sup> 30mg</b>	14	IAL	-	95.7	62.4	
	5	Natural	eCG	100	66.7	

<b>CIDR</b>	6			100	80	Martinez-Ros et al. (2018)
	7			83.3	50	
	14			91.7	83.3	
<b>MAP<sup>3</sup> 60mg</b>	6	Natural	eCG	72.7	45.5	Texeira et al. (2016)
	9			72.7	36.4	
	12			80	20	
<b>CIDR 0.35g</b>	5	Natural	eCG	94.5	94.5	Santos-Jimenez et al. (2020)
			CIDR-GnRH	88.9	88.9	
			GnRH-CID-GnRH	84.2	84.2	
<b>FGA 45mg</b>	11	Natural	PGF <sup>6</sup> -GnRH	70	71.4	Yu et al. (2022)
	11		PGF-eCG	83.3	80	
	11		PGF-eCG - GnRH	86.6	80.7	
	13		PGF-eCG	80	75	
	13		eCG	76.6	73.9	
<b>FGA 20mg</b>	14	-	-	100	Martinez-Ros et al. (2018)	
	7		PG-FGA	63.6		
	7		FGA-PG	90.9		

<sup>1</sup>CIDR: Dispositivo liberador de progesterona, <sup>2</sup>FGA: Acetato de fluorogestona, <sup>3</sup>MPA: acetato de medroxiprogesterona, <sup>4</sup>IATF: Inseminación artificial a tiempo fijo, <sup>5</sup>IAL: Inseminación artificial por laparoscopia, <sup>6</sup>PGF: Prostaglandina, <sup>7</sup>eCG: Gonadotropina coriónica equina, <sup>8</sup>PE%: Presentación del estro, <sup>9</sup>Ges%: Gestación.

### Inducción a la ovulación

Para la inducción a la ovulación en época de anestro se han utilizado dispositivos liberadores de progesterona y la administración de gonadotropina coriónica equina (eCG) al momento de retirar los dispositivos (Santos et al., 2020), obteniendo tasas de preñez

aceptables (Cuadro 4), esto se puede llevar a cabo en protocolos a largo plazo (14 días) o corto (5-7 días) (Menchaca et al., 2017).

**Cuadro 4.** Protocolos utilizados en época no reproductiva.

Tratamiento	Duración (días)	Inseminación o monta	Combinación	PE <sup>5</sup> (%)	Ges <sup>6</sup> (%)	Referencia
<b>FGA<sup>2</sup> 30mg</b>	7	Natural	eCG <sup>4</sup>	65.4	61.5	Altınçekiç & Koyuncu, (2017)
	10			80.8	88.5	
	14			96.2	92.3	
<b>MAP<sup>3</sup> 60mg</b>	14	Natural	eCG 300	80	83.3	Atalla, (2018)
	14		eCG 600	80	100	
<b>FGA 40mg</b>	12	Natural	eCG 140	100	70.0	Macías-Cruz et al. (2013)
	12		eCG 280	100	73.7	
<b>CIDR<sup>1</sup> 0.35g</b>	5	Natural	eCG	93.3	93.3	(Santos-Jimenez et al. (2020)
	5		CID-GnRH	48.0	96.0	
	5		GnRH-CID-GnRH	34.8	82.6	
<b>P<sub>4</sub> inyectable</b>	3 dosis con intervalo de 1 día	Natural	hCG	81.8	68.2	Dehkordi et al. (2022)
	1 dosis		hCG	38.1	66.7	

<sup>1</sup>CIDR: Dispositivo liberador de progesterona, <sup>2</sup>FGA: Acetato de fluorogestona, <sup>3</sup>MPA: acetato de medroxiprogesterona, <sup>4</sup>eCG: Gonadotropina coriónica equina, <sup>5</sup>PE%: Presentación del estro, <sup>6</sup>Ges%: Gestación.

En cuanto el uso de la P<sub>4</sub> inyectable intramuscular se ha utilizado a dosis de 25 mg diluida con aceite de olivo logrando mantener las concentraciones de esta hormona arriba de 0.5 ng/mL por 34 horas (Dehkordi et al., 2022).

También se ha utilizado P<sub>4</sub> intravaginal (300 mg de liberación interna controlada del fármaco [CIDR]) durante 12 días en combinación con la introducción del macho

---

demostrando 100% y 94% de comportamiento estral respectivamente, de igual forma se han utilizado inyecciones diarias de progesterona durante 17 días que dan resultados bajos (28%) en la tasa de fertilidad en comparación con otros tratamientos (Habeeb & Anne Kutzler, 2021).

Dentro de los avances en la inducción a la ovulación esta la reducción de dosis de P<sub>4</sub> a 20 mg, es decir, la concentración que tienen los dispositivos intravaginales, sin embargo, en algunos estudios mencionan que el uso de progestágeno no es suficiente debido a que la secreción de LH no se suprime adecuadamente, lo que da como resultado un desarrollo de folículos persistentes (Martínez-Ros et al., 2018).

---

## ANTECEDENTES

El uso de progesterona exógena en cabras multíparas y nulíparas en altas concentraciones mediante la inserción de dispositivos intravaginales CIDR, promueven un recambio folicular y una nueva oleada folicular dentro de los 3 días después de su inserción. Por consecuencia, la aplicación de P<sub>4</sub> 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).

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 P<sub>4</sub> 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 progesterona en el recambio folicular con el objetivo de inducir a la ovulación.

---

## **HIPÓTESIS**

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.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar el uso de la progesterona intramuscular en época de anestro por un periodo corto para la inducción a la ovulación en hembras ovinas Hampshire.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar la respuesta de aplicaciones intramusculares de progesterona en comparación al uso de CIDR en la concentración sérica.
- Comparar el momento de la presentación del estro después de la aplicación de progesterona y CIDR.
- Medir la duración del estro con el uso de aplicaciones intramusculares y con CIDR.
- Comparar el porcentaje de gestación entre el uso de aplicaciones intramusculares y el uso de CIDR.

---

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en la unidad de producción de ovinos “la palma”. ubicada en la localidad de San Dionisio, Municipio de Acatlán, Hidalgo, México. Sus coordenadas son 20°7'34.362"N 98°27'53.522"O y se encuentra a 2128 m.s.n.m (INEGI, 2020).

### Aprobación ética

Se 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), para el desarrollo del experimento.

### Unidad experimental

Se utilizaron hembras ovinas de la raza Hampshire multíparas en época de anestro estacional, de  $\geq 2$  años, con una condición corporal (CC) de 2.5 (escala 1 a 5) y  $50 \pm 5$  kg de peso corporal. Las hembras se vitaminaron, desparasitaron y vacunaron 30 días previo al experimento, y se proporcionó una dieta acorde a su etapa fisiológica bajo la supervisión de un Médico Veterinario Zootecnista.

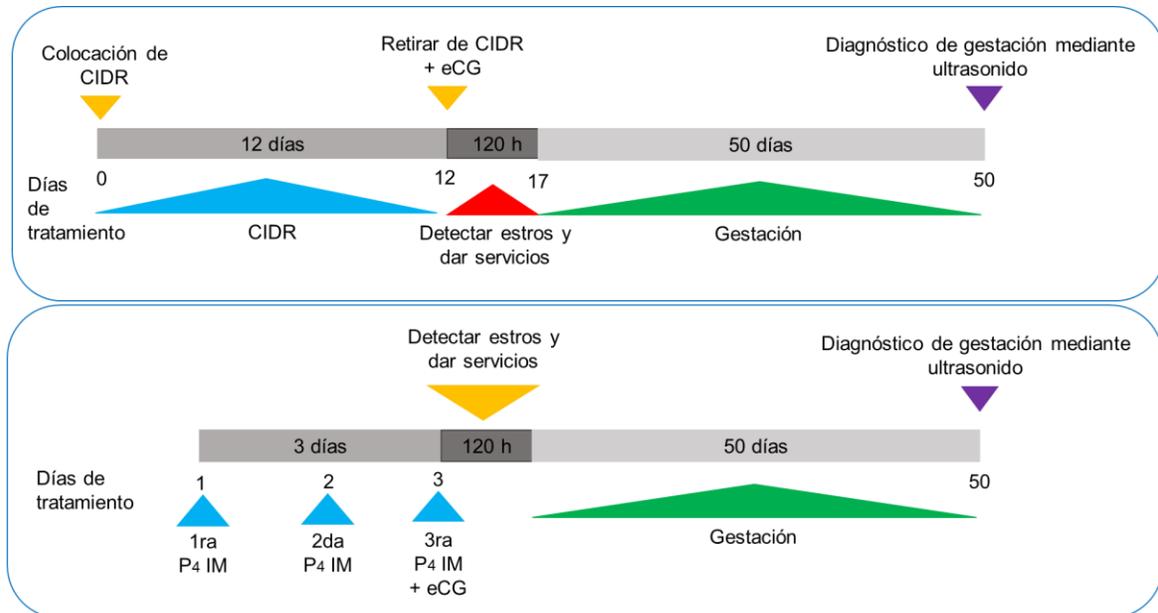
Al inicio del trabajo experimental, 8 hembras de un total de 20, se descartaron debido a que no se encontraban en anestro estacional, ya que la concentración sérica de  $P_4$  indicaba actividad ovulatoria.

Además, se realizó un examen físico general tomando en cuenta, frecuencia cardiaca y respiratoria, movimientos ruminales y mucosas, también un examen específico del aparato reproductor que consistió en la coloración de la vulva, flujo vaginal, mucosa, también se verificó que no estuvieran preñadas ni tuvieran actividad ovárica mediante el uso de ultrasonografía (ultrasonic® HS-2000, Japan).

### Metodología

Las hembras ovinas se distribuyeron aleatoriamente en dos grupos a los que se le asignó un tratamiento a cada uno. En el tratamiento 1 ( $T_1$ ), se utilizaron 6 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 ( $T_2$ ) se utilizaron 6 ovejas a las que se les administró 25 mg de progesterona inyectable (Progesterona Zoetis®) vía intramuscular durante tres días continuos.

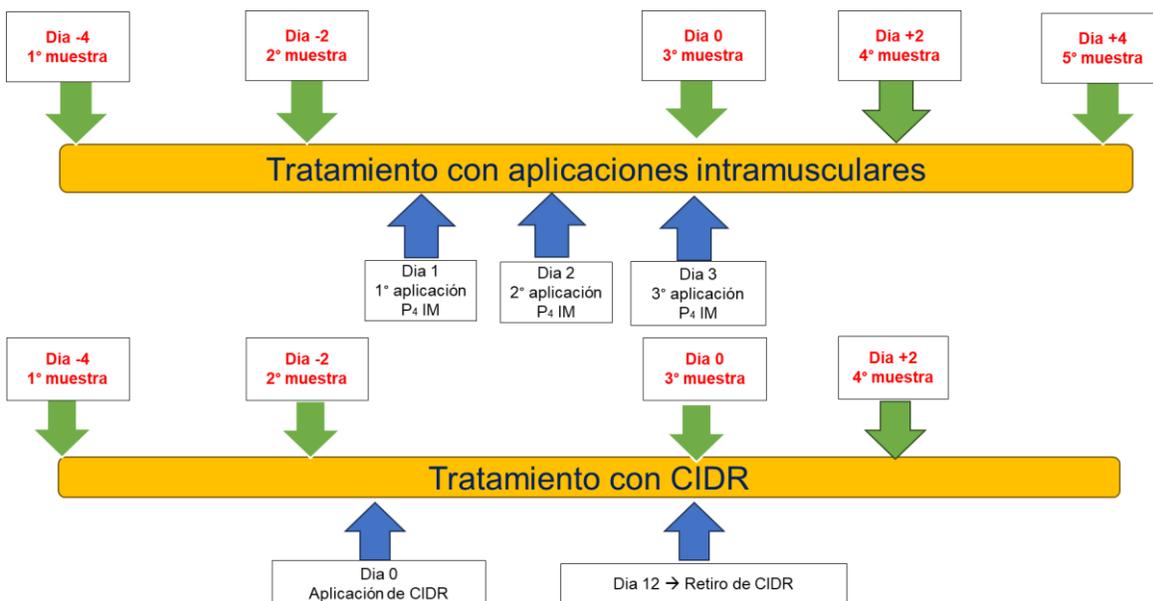
Al término de ambos tratamientos, se aplicaron 500 UI de eCG (Virbac®) por vía intramuscular dosis única a ambos tratamientos (Figura 6).



**Figura 6.** Protocolos utilizados. Parte superior: protocolo de 12 días con CIDR, parte inferior: protocolo de tres días con P<sub>4</sub> IM.

## Determinación de la concentración sérica de progesterona

La toma de muestras se realizó cada tercer día, a través de punción de la vena yugular con una aguja hipodérmica 21g x 32mm obteniendo un total de 5 mL por muestra. El muestreo se realizó antes de la aplicación de protocolos como se describe en la figura 6, al momento de terminar los protocolos y al finalizar (Figura 7).



**Figura 7.** Toma de muestras. En la parte superior se muestra la cronología en el uso de aplicaciones intramusculares y en la parte inferior con el uso de CIDR.

La concentración de P<sub>4</sub> 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.

Las muestras se centrifugaron (centrífuga refrigerada marca HERMLE ® D-78564, Germany) a 5000 rpm durante 15 minutos a una temperatura de 5°C para la obtención del suero, el cual fue separado en tubos estériles de 5 mL y se congeló hasta su procedimiento en laboratorio. Posteriormente se preparó la solución de lavado diluyendo el concentrado de solución buffer 1:20 con agua destilada, obteniendo así el volumen requerido para el procedimiento.

Para la determinación de P<sub>4</sub> (kit comercial 17-OH-progesterone ELISA) se dispusieron los pocillos necesarios de la microplaca que contienen anticuerpos específicos

---

contra la 17-OH-progesterona. A cada pocillo se añadieron 25  $\mu$ L de las muestras de suero, así como los controles y calibradores provistos en el kit. Seguidamente, se añadieron 100  $\mu$ L del conjugado de 17-OH-progesterona-HRP, lo que permitió que tanto la hormona libre de la muestra como la conjugada compitieran por los sitios de unión en los anticuerpos. La mezcla se incubó (incubadora marca Labnet <sup>®</sup>, S2056A-220, Spain) durante 60 minutos a temperatura ambiente (18-25°C).

Tras la incubación, se realizaron 4 ciclos de lavado (lavadora de microplaca marca ACTGener <sup>®</sup>, ACT-AMPW900, USA) utilizando la solución buffer previamente preparada, con el objetivo de eliminar los componentes no unidos a los anticuerpos. Después del lavado, se añadieron 200  $\mu$ L de sustrato de tetrametilbencidina (TMB) a cada pocillo. El TMB es oxidado por la peroxidasa conjugada generando un cambio de color proporcional a la cantidad de 17-OH-progesterona unida a los anticuerpos. La reacción se dejó desarrollar durante 30 minutos en oscuridad. La reacción enzimática se detuvo añadiendo 50  $\mu$ L de solución de parada (ácido sulfúrico 0.5 M), lo cual produjo un cambio de color a amarillo. La intensidad del color es inversamente proporcional a la concentración de 17-OH-progesterona en las muestras.

La densidad óptica de cada pocillo se midió utilizando un fotómetro para microplacas (ThermoScientific <sup>®</sup>, Multiskan, Spain) a 450 nm. Los resultados se expresaron en ng/mL.

#### Presentación y duración del estro

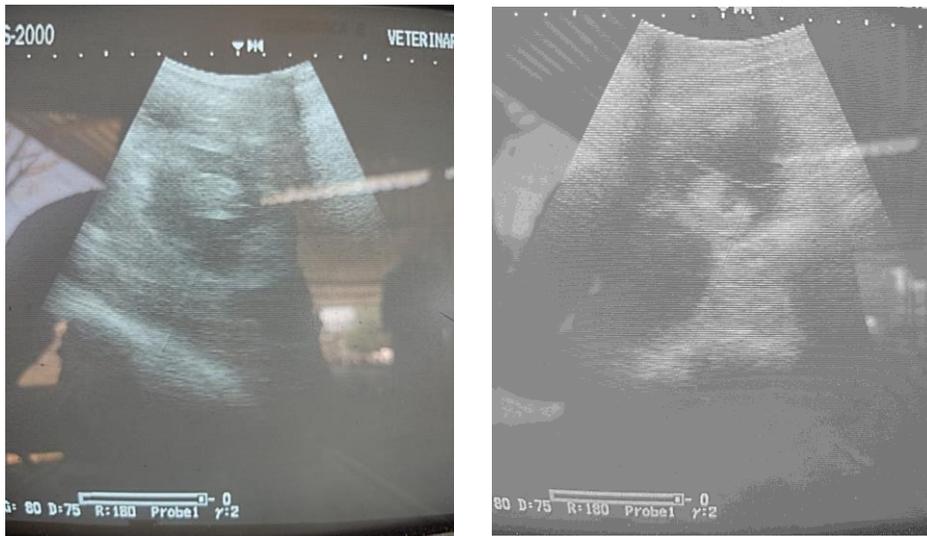
La presentación y duración del estro en las ovejas están estrechamente ligados a cambios hormonales que influyen en su comportamiento reproductivo y en signos visibles en la hembra ovina. El estro se comenzó a medir 36 horas después de la aplicación de la eCG, los primeros signos incluyen: inquietud, es decir, mayor movilidad dentro del rebaño, vocalización frecuente, atracción hacia el carnero buscando su proximidad y permitiendo que el macho la olfatee y reflejo de inmovilidad al ser apareada 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 apareaba se separaba en un corral diferente. Otros factores que se determinaron fueron aumento en la frecuencia de la micción, movimientos de la cola, presentación de edema vulvar y una ligera secreción mucosa clara.

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 (Figura 8).



**Figura 8.** Diagnóstico de gestación 50 días después de la copula.

---

## Diseño experimental

Para el análisis de la concentración sérica de P<sub>4</sub> se utilizó un diseño “modelo mixto lineal” con medidas repetidas a través del tiempo. El análisis se realizó con el programa estadístico SAS® (V9) y los comandos PROC MIXED. El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + t_k + (T * t)_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Valor de la variable en la  $J$ -ésimo tratamiento en la concentración sérica de P<sub>4</sub>.

$\mu$  = Media general.

$T_i$  = Efecto del tratamiento.

$t_k$  = Efecto del tiempo.

$(T*t)_{ik}$  = el efecto de la interacción entre el tratamiento  $i$  y el tiempo  $k$ .

$E_{ijk}$  = error estándar.

Tomando en cuenta:

- Variable dependiente: Concentración de P<sub>4</sub>.
- Efectos fijos: los grupos en cada tratamiento y el tiempo.
- Efecto aleatorio: la Oveja.
- Covariables: Edad, condición corporal (CC) y peso de la borrega.

Para el análisis de presentación del estro y porcentaje de gestación se utilizó la prueba de “F exacta de Fisher”. Esta prueba calcula la probabilidad de obtener la distribución observada de datos, debido al número de obtención de datos menores a 5, se ajusta a diferencia de la Chi cuadrada. El análisis se realizó con el programa estadístico SAS® (V9) y los comandos PROC FREQ.

## RESULTADOS

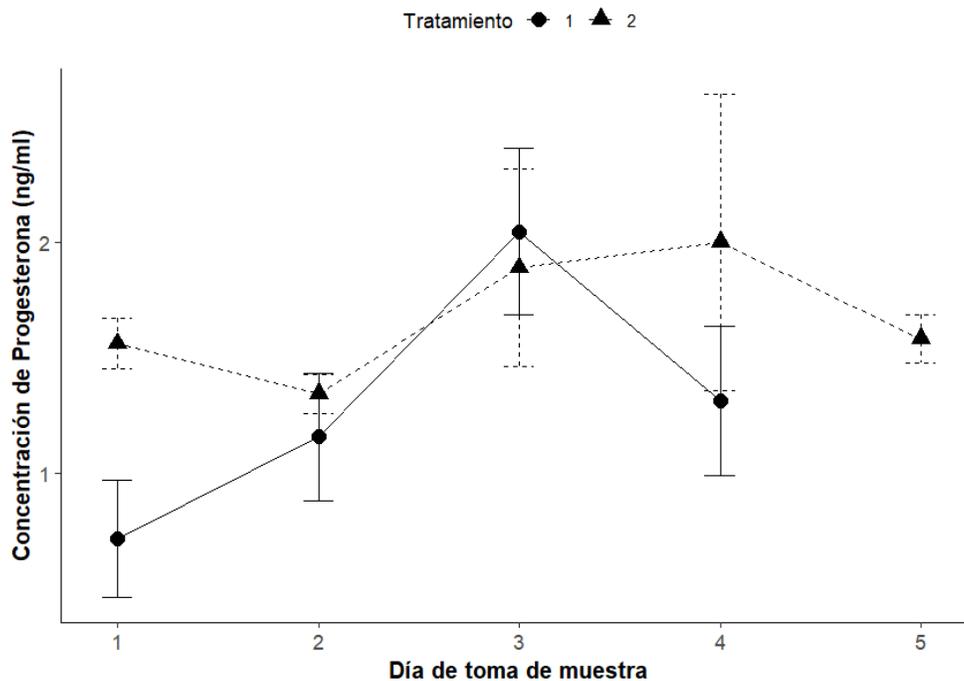
Concentración sérica de progesterona

**Cuadro 5.** Concentración de P<sub>4</sub> sangre.

Variable	Día	$\mu$		EEM		p-Value	
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T	T*Día
Concentración de progesterona (ng/mL)	-4	0.71	1.56	0.25	0.10	> 0.05	0.0831
	-2	1.15	1.34	0.27	0.08	> 0.05	0.6954
	0	2.04	1.89	0.36	0.42	> 0.05	0.7458
	+2	1.31	2.00	0.32	0.64	> 0.05	0.1565

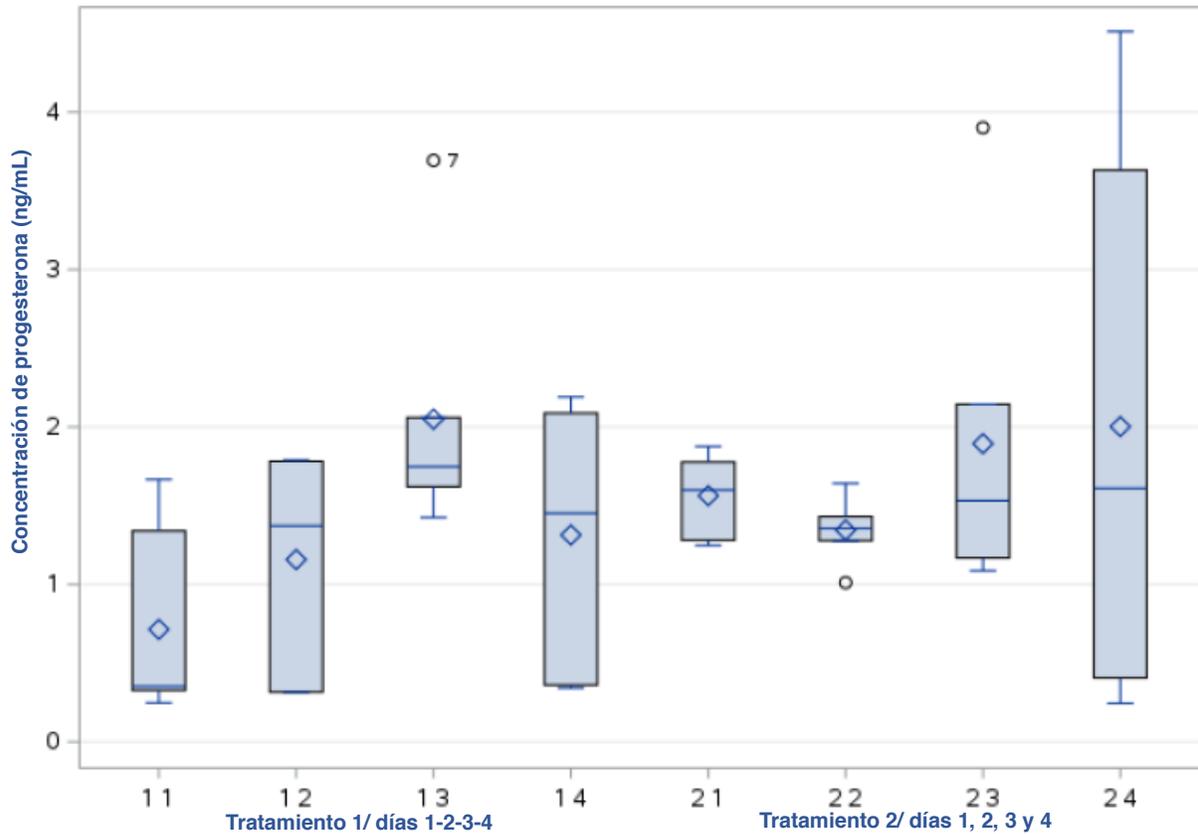
En respuesta a su administración intravaginal (0.3 g) (T1) e intramuscular (25 mg/día) (T2) y en hembras ovinas Hampshire.  $\mu$ : Media, EEM: Error estándar de las medias, T\*Día: nos indica la interacción entre el tratamiento y el día.

**Figura 9.** Variación de la concentración sérica de P<sub>4</sub> por grupo.



Tratamiento 1: uso de CIDR, Tratamiento 2: aplicaciones intramusculares de P<sub>4</sub>. Mostrando en el eje de las X son día de muestra y en el eje de las Y los valores de P<sub>4</sub> en (ng/ml).

**Figura 10.** Distribución de la concentración de P<sub>4</sub> en la interacción entre el tratamiento y los días a través del tiempo.



Se observa la respuesta hormonal entre los días evaluados y su interacción con los días, con la presencia de valores atípicos en el tratamiento 1 y 2, especialmente en el día tres (día de retiro de los tratamientos).

### 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 (Cuadro 6).

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

**Cuadro 6.** Principales variables reproductivas.

<b>Tratamiento</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>
<b>Variable</b>		
<b>Presentación del estro (%)<sup>1</sup></b>	100% (6/6)	100% (6/6)
<b>Inicio de estro (h)</b>	36 ± 6	48 ± 12
<b>Final del estro (h)</b>	60 ± 6	120 ± 6
<b>Duración del estro (h)</b>	24 ± 6	72 ± 6
<b>Gestación (%)<sup>2</sup></b>	83.3 % (5/6)	83.3 % (5/6)

<sup>1</sup> Tiempo después de retirar los tratamientos y la aplicación de eCG, <sup>2</sup> Basado en el diagnóstico de gestación con ultrasonido en el día 50. T1: tratamiento con CIDR, T2: tratamiento con aplicaciones intramusculares de P<sub>4</sub>.

---

## 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 P<sub>4</sub> exógena fue 0.71 ng/mL en hembras asignadas a la aplicación de P<sub>4</sub> a través de CIDR y 1.56 ng/mL en hembras asignadas a la aplicación de P<sub>4</sub> 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.

La concentración de P<sub>4</sub> 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 P<sub>4</sub> 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 P<sub>4</sub> su concentración en sangre incrementó de > 1,3 ng/mL en el 50% de las ovejas del grupo control después de la liberación de los machos, lo que puede deberse a que la introducción de carneros es probable que induzca la ovulación en el 50% de las ovejas.

Los resultados obtenidos en este estudio respecto a la concentración sérica de P<sub>4</sub> al momento de retirar los tratamientos con P<sub>4</sub> 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 P<sub>4</sub> se mantuvo en 0.16 ± 0.02 ng/mL.

### 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. Dehkordi et al. (2022) aplicaron tres dosis intramusculares cada 48 horas de P<sub>4</sub> 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 este contexto, Alvarado-Espino et al. (2016) reportaron que una sola aplicación de 20 mg de P<sub>4</sub> 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 P<sub>4</sub> en cabras criollas, el estro inició 52 horas después de la administración de hCG en nulíparas y 60.5 horas en multíparas.

González-Bulnes et al. (2006) mencionan que en cabras tratadas con una sola dosis de 25 mg de P<sub>4</sub> 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 P<sub>4</sub> 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 cruzas 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 P<sub>4</sub> 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 multíparas y nulíparas. Todas las multíparas 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 P<sub>4</sub> 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%.

---

Dehkordi et al. (2022) obtuvieron 59.1% de gestación en hembras tratadas con tres aplicaciones intramusculares de P<sub>4</sub> 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<sub>4</sub> 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.

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.

Por el contrario, otros estudios han demostrado que la tasa de gestación puede mejorarse con una aplicación de P<sub>4</sub> 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<sub>4</sub> 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.

---

## **CONCLUSION**

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio, se concluye que el uso de P<sub>4</sub> administrada por vía intramuscular por periodos cortos (tres días continuos) y posterior aplicación de eCG en hembras Hampshire, es una opción más para la inducción a la ovulación en ovinos, debido a que la concentración sanguínea de P<sub>4</sub> 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.

---

## LITERATURA CITADA

- Aguado, P. I. C., Vidauri, Z. C., Flores, C. F. A., Delgado, R. M. R., Miramontes, C. E. V., Carlos, M. A. L., & Haro, I. M. (2022). El Ciclo Reproductivo De La Oveja. *South Florida Journal Of Development*, 3(6), 6903-6929. <https://doi.org/10.46932/Sfjdv3n6-040>
- Ali, A., & Derar, D. R. (2021a). Relationships Among The Corpus Luteum, Follicles And Conceptus In Sheep. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 50(1), 65-71. <https://doi.org/10.1111/Ahe.12600>
- Ali, A., & Derar, D. R. (2021b). Relationships Among The Corpus Luteum, Follicles And Conceptus In Sheep. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 50(1), 65-71. <https://doi.org/10.1111/Ahe.12600>
- 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>
- Arroyo, J. (2011). *Revisión [Review] Estacionalidad Reproductiva De La Oveja En México [Reproductive Seasonality Of Sheep In Mexico]*.
- Ávila-Castillo, B. R., García-Flores, E. O., Molina-Mendoza, P., Peralta-Ortiz, J. J. G., & Sánchez-Torres-Esqueda, M. T. (2019). Sincronización Del Estro En Ovejas De Pelo Mediante Protocolo Basado En Prostaglandinas + GnRh. *CienciaUat*, 13(2), 141-151.
- Ayaseh, M., Mirzaei, A., Boostani, A., & Mehrvarz, M. (2021, Enero). The Effect Of Prostaglandin And Gonadotrophins (GnRh And Hcg) Injection Combined With The Ram Effect On Progesterone Concentrations And Reproductive Performance Of Karakul Ewes During The Non-Breeding Season. *Veterinary Medicine And Science*, 7(1), 148-155.
- Barrón-González, J. E., Salinas-Martínez, J. A., Peralta-Ortiz, J. G., Avila, B. R., Olave-Leyva, J. I., & González-Avalos, J. (2022). Analysis Of The Reproductive Seasonality Of Sheep Production Units In Singuilucan, Hidalgo, Mexico. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/Agrop.V15i15.2033>
- Bruno-Galarraga, M., Cano-Moreno, V., Lago-Cruz, B., Encinas, T., Gonzalez-Bulnes, A., & Martinez-Ros, P. (2021). The Use Of Hcg For Inducing Ovulation In Sheep Estrus Synchronization Impairs Ovulatory Follicle Growth And Fertility. *Animals*, 11(4), 984. <https://doi.org/10.3390/Ani11040984>
- Bobadilla-Soto, E. E., Ochoa-Ambriz, F., & Perea-Peña, M. (2021). Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agronomía Mesoamericana*, 963–982. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.44473>
- Cabrera, C., Maier, G. U., Cuneo, M., & Mcnabb, B. R. (2019, Abril). The Use Of Progesterone Intravaginal Devices Is Superior To Use Of The Ram Effect At Hastening The Reproductive Performance In Transitional Targhee Ewes. *Theriogenology*, 128, 17-22.
- Cerrilla, M. E. O. (2006). *Aplicación Del Conocimiento De La Conducta Animal En La Producción Pecuaria*. 31.
- Clarke, I. J. (2002). Multifarious Effects Of Estrogen On The Pituitary Gonadotrope With Special Emphasis On Studies In The Ovine Species. *Archives Of Physiology And Biochemistry*, 110(1-2), 62-73. <https://doi.org/10.1076/1076-1107-110-1-62-898>

- 
- Cordero-Mora, J. L., Esqueda, T. S.-T., Molina-Mendoza, P., Nieto-Aquino, R., Cárdenas-León, M., Mejía-Villanueva, O., & Olivares-Reyna, L. (2011). Reducción De Dosis De Acetato De Fluorogestona Mediante Partición De Esponjas Para Sincronización Del Estro En Ovejas. *Revista Científica*.
- Cunningham, J. G., & Klein, B. G. (2014). *Cunningham's textbook of veterinary physiology* (5th ed.). Elsevier/Saunders.
- Davies, K. L., Bartlewski, P. M., Epp, T., Duggavathi, R., Barrett, D. M. W., Bagu, E. T., Cook, S. J., & Rawlings, N. C. (2006, Julio). Does Injection Of Prostaglandin F2 $\alpha$  (Pgf2 $\alpha$ ) Cause Ovulation In Anestrous Western White Face Ewes? *Theriogenology*, *66*(2), 251-259.
- Dehkordi, R. S., 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. *Animal Reproduction Science*, *239*, 106969. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2022.106969>
- Delgado, P. A. M., Cuéllar, N. R., Sánchez, C. M. G., & Rojas, E. C. C. (2011). REVISIÓN DE LITERATURA.
- Dias, L. M. K., Paes De Barros, M. B., Viau, P., De Sousa Sales, J. N., Valentim, R., Santos, F. F. Dos, Da Cunha, M. C., Marino, C. T., & De Oliveira, C. A. (2015). Effect Of A New Device For Sustained Progesterone Release On The Progesterone Concentration, Ovarian Follicular Diameter, Time Of Ovulation And Pregnancy Rate Of Ewes. *Animal Reproduction Science*, *155*, 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.01.016>
- Ding, Z., Duan, H., Ge, W., Lv, J., Zeng, J., Wang, W., Niu, T., Hu, J., Zhang, Y., & Zhao, X. (2022). Regulation Of Progesterone During Follicular Development By Fsh And Lh In Sheep. *Animal Reproduction*, *19*(2), E20220027. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-Ar2022-0027>
- Downs, C. J., Boan, B. V., Lohuis, T. D., & Stewart, K. M. (2018). Investigating Relationships Between Reproduction, Immune Defenses, And Cortisol In Dall Sheep. *Frontiers In Immunology*, *9*, 105. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.00105>
- Erdogan, G. (2012). Ultrasonic Assessment During Pregnancy in Goats – A Review. *Reproduction in Domestic Animals*, *47*(1), 157–163. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2011.01873.x>
- Franco, J., & Velásquez, L. F. U. (2012). *Hormonas Reproductivas De Importancia Veterinaria En Hembras Domésticas Rumiantes*. 1.
- González, Sergio Martínez, Jorge Aguirre Ortega, Alejandro A Gómez Danés, Miguel Ruíz Félix, Clemente Lemus Flores, Humberto Macías Coronel, Luis A Moreno Flores, Socorro Salgado Moreno, y María Hilda Ramírez Lozano. 2010. “Tecnologías para mejorar la producción ovina en México”, núm. 5, 41-51.
- Habeeb, H. M. H., & Anne Kutzler, M. (2021, Marzo). Estrus Synchronization In The Sheep And Goat. *Veterinary Clinics Of North America: Food Animal Practice*, *37*(1), 125-137.
- Hameed, N., Khan, M. I.-R., Zubair, M., & Andrabi, S. M. H. (2021). Approaches Of Estrous Synchronization In Sheep: Developments During The Last Two Decades: A Review. *Tropical Animal Health And Production*, *53*(5), 485. <https://doi.org/10.1007/S11250-021-02932-8>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). Archivo histórico de localidades. Recuperado el 28 de Agosto del 2024 del sitio: <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/ahl/#Consulta>

- 
- Insel, T. R., Gingrich, B. S., & Young, L. J. (2001). Chapter 4 Oxytocin: Who Needs It? En *Progress In Brain Research* (Vol. 133, Pp. 59-66). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(01\)33005-4](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(01)33005-4)
- Jones, K. L., Megahed, A. A., Diehl, B. N., Chan, A. M., Hernández, O., Cabrera, C., & Bittar, J. H. J. (2022). Analytical Validation Of The Immulite® 2000 Xpi Progesterone Assay For Quantitative Analysis In Ovine Serum. *Animals*, 12(24), 3534. <https://doi.org/10.3390/ani12243534>
- Kabadi, M. B., Valia, K. H., & Chienx, V. W. (1984). Intravaginal Controlled Administration Of Flurogestone Acetate I: Development Of A Stability-Indicating Liquid Chromatographic Method And Stability Kinetics Of Flurogestone Acetate. *Journal Of Pharmaceutical Sciences*, 73(10), 1461-1464. <https://doi.org/10.1002/jps.2600731035>
- Lozano-González, J. F., Uribe-Velásquez, L. F., & Osorio, J. H. (2012). Artículo De Revisión. *Veterinaria Y Zootecnia*, 6.
- Martinez, M. F., Mcleod, B., Tattersfield, G., Smaill, B., Quirke, L. D., & Juengel, J. L. (2015). Successful Induction Of Oestrus, Ovulation And Pregnancy In Adult Ewes And Ewe Lambs Out Of The Breeding Season Using A GnRH+Progesterone Oestrus Synchronisation Protocol. *Animal Reproduction Science*, 155, 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.01.010>
- Martinez-Ros, P., Astiz, S., & Garcia-Rosello, E. (2018, Agosto 25). *Effects Of Short-Term Intravaginal Progestagens On The Onset And Features Of Estrus, Preovulatory Lh Surge And Ovulation In Sheep*.
- Martinez-Ros, P., Rios-Abellan, A., & Gonzalez-Bulnes, A. (2018, Diciembre 26). Influence Of Progesterone-Treatment Length And Ecg Administration On Appearance Of Estrus Behavior, Ovulatory Success And Fertility In Sheep. *Animals*, 9(1), 9.
- Menchaca, A., Dos Santos Neto, & Cuadro, F. (2017, Marzo). *Estrous Synchronization Treatments In Sheep: Brief Update*.
- Menchaca, A., Vilariño, M., Pinczak, A., Kmaid, S., & Saldaña, J. M. (2009). Progesterone Treatment, Fsh Plus Ecg, GnRH Administration, And Day 0 Protocol For Moet Programs In Sheep. *Theriogenology*, 72(4), 477-483. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.04.002>
- Miguel-Cruz, E. E., Mejía-Villanueva, O., & Zarco, L. (2019, Noviembre 1). Induction Of Fertile Estrus Without The Use Of Steroid Hormones In Seasonally Anestrous Suffolk Ewes. *Asian-Australasian Journal Of Animal Sciences*, 32(11), 1673-1685.
- Pasciu, V., Nieddu, M., Baralla, E., Porcu, C., Sotgiu, F., & Berlinguer, F. (2022). Measurement Of Progesterone In Sheep Using A Commercial Elisa Kit For Human Plasma. *Journal Of Veterinary Diagnostic Investigation*, 34(1), 90-93. <https://doi.org/10.1177/10406387211043513>
- Rangel Porta, L. E., & Hernandez Medrano, J. H. (2018). *Universidad Nacional Autónoma De México* (Segunda edición).
- Santos-Jimenez, Z., Guillen-Gargallo, S., Encinas, T., Berlinguer, F., Veliz-Deras, F. G., 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(5), 897. <https://doi.org/10.3390/ani10050897>
- Santos-Jimenez, Z., Martinez-Herrero, C., Encinas, T., Martinez-Ros, P., & Gonzalez-Bulnes, A. (2020, Julio). Comparative Efficiency Of Oestrus Synchronization In Sheep With Progesterone/Ecg And Progesterone/GnRH During Breeding And Non-Breeding Season. *Reproduction In Domestic Animals*, 55(7), 882-884.

- 
- Saxena, V. K., De, K., Kumar, D., Naqvi, S. M. K., Krishnaswamy, N., & Tiwari, A. K. (2015, Noviembre). Induction Of Ovulation In Anestrus Ewes Using A Dopamine Receptor Antagonist. *Theriogenology*, *84*(8), 1362-1366.
- Yilmazer, C., Cevik, M., & Kocyigit, A. (2018). Effects Of Subcutaneous Melatonin Implants And Short-Term Intravaginal Progestagen Treatments On Estrus Induction And Fertility Of Kivircik Ewes On Seasonal Anestrus. *Polish Journal Of Veterinary Sciences*, 353-353. <https://doi.org/10.24425/122604>
- Yu, X., Bai, Y., Yang, J., Zhao, X., Zhang, L., & Wang, J. (2022). Comparison Of Five Protocols Of Estrous Synchronization On Reproductive Performance Of Hu Sheep. *Frontiers In Veterinary Science*, *9*, 843514. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.843514>