

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



**Influencia de la Paridad sobre la Respuesta Fisiológica a un Protocolo
Corto de Progesterona en Ovejas durante el Anestro Estacional**

Por:

Arleth Sofia Sotelo Felix

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

**Influencia de la Paridad sobre la Respuesta Fisiológica a un Protocolo Corto
de Progesterona en Ovejas durante el Anestro Estacional**

Por:

Arleth Sofia Sotelo Felix

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Presidente


Dra. Zurisaday Santos Jiménez
Vocal externo


Dr. Ramiro González Avalos
Vocal


Dr. Hugo Zuriel Guerrero Gallegos
Vocal suplente


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



Torreón, Coahuila, México
Junio 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

**Influencia de la Paridad sobre la Respuesta Fisiológica a un Protocolo Corto
de Progesterona en Ovejas durante el Anestro Estacional**

Por:

Arleth Sofia Sotelo Felix

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Asesor Principal


Dra. Zuriadaya Santos Jiménez
Asesor Principal Externo


Dr. Ramiro González Avalos
Coasesor


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



Torreón, Coahuila, México
Junio 2025

DEDICATORIAS

A quienes me guiaron con sabiduría y paciencia: mis padres.

Gracias por ser mis primeros maestros, por enseñarme con amor y por acompañarme en cada paso de este camino.

A veces olvido que, mientras yo crecía, ustedes también lo hacían; que esta es su primera vez siendo padres, aprendiendo y enfrentando desafíos junto a mí.

Admiro profundamente su mayor acto de amor: soltarme y dejarme crecer, incluso cuando eso implicaba dolor.

Este logro es tanto mío como suyo, fruto de nuestro crecimiento compartido

AGRADECIMIENTOS

A mi padre, Jorge Luis Sotelo Raygoza, gracias por darme todo tu amor, por ser un ejemplo vivo de dedicación, esfuerzo y superación. Sin dudarlo, eres la persona que me inspira, alguien firme en sus sueños, entregado a los suyos, y capaz de darlo todo por amor. Te amo con toda mi alma.

A mi madre, Mayra Liliana Felix López, gracias por darme todo tu amor, por enseñarme a valirme por mí misma, gracias por ser mi soporte, aunque nunca te lo expresado, has sido mi refugio, mi fuerza en los días difíciles y mi alegría en los buenos. Eres el alma más generosa que conozco, y todo lo que soy lleva algo de ti. Te amo con toda mi alma.

A mis hermanos, Jorge sotelo, Litzy sotelo, y violeta sotelo, Gracias por ser mi inspiración y mi guía. Aunque quizás no lo sepan, llevo un poco de cada uno de ustedes dentro de mí. Jorge y Litzy, su dedicación, su fuerza y la forma en que siempre me han cuidado, han sido una guía silenciosa pero firme, acompañándome en cada paso del camino. Y a mi hermanita Violeta, gracias por recordarme cada día la ternura, la curiosidad y la esperanza. Gracias a los tres. Los amo infinitamente.

A mis sobrinos, Mariángel y Uriel Chávez, gracias por darme risas incontrolables, días de juegos infinitos, y enseñarme lo que puede ser el amor maternal. Los amo infinitamente.

A mis abuelos, leonel raygoza, Yolanda sotelo, Alfredo Felix, y María López, por sus historias, por sus silencios llenos de amor, por sus abrazos que curan y por ese cariño que solo los abuelos saben dar. Los amo con toda mi alma.

A mis mascotas, Joaquín, Ron y Maly, por ser mi soporte emocional, gracias por ser los que me inspiraron a tomar esta profesión. Y a Darwin que, aunque ya no estás aquí, todos los días te pienso.

A mis amigos, a aquellos que estuvieron durante mi vida hasta este momento, me dieron una escapada de la realidad, fueron fundamentales en mi desarrollo personal, mis confidentes, y un hombro donde llorar en días difíciles. Los llevo en mi corazón.

Y, para terminar, citando a mi cantante favorito: “si eres feliz haciendo lo que amas, entonces nadie te puede decir que no eres exitoso”- Harry Styles

A todos, muchas gracias

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- HIPÓTESIS.....	3
III.- OBJETIVO GENERAL	3
Objetivos específicos	3
IV.- REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1.- Situación Actual de la Producción Ovina Mundial	4
4.2.- Situación Actual de la Producción Ovina en México	4
4.3.- Razas Más Utilizadas en México	5
4.4.- Anatomía y Fisiología del Aparato Reproductor de la Hembra Ovina.....	7
4.4.1.- Ovarios.....	8
4.4.2.- Oviducto	9
4.4.3.-Útero	9
4.4.4.-Cérvix	10
4.4.5.-Vagina	10
4.5.-Endocrinología Reproductiva.....	10
4.5.1.- Hormonas Clave.....	12
4.5.2.- Hormonas Polipeptídicas.....	12
4.5.3.- Hormonas Esteroides	13
4.5.4.- Progestágenos	13
4.5.5.- Estrógenos	14
4.5.6- Prostaglandinas.....	14
4.6.- Eje Hipotálamo-Hipófisis-Gónada	14
4.6.1.- Hipotálamo	14
4.6.2.- Hipófisis.....	15
4.6.3.- Gonadotropinas	16
4.7.-Ciclo Reproductivo de la Hembra Ovina	17
4.7.1.-Maduración Sexual.....	17
4.7.2.-Estacionalidad Reproductiva	18
4.7.3.-Ciclo Estral	18
4.7.4.- Fase Folicular	19
4.7.5.- Fase Lútea.....	21

4.8.-Tratamientos Hormonales en Hembras Ovinas.....	22
4.8.1.- Uso de Progestágenos	23
4.8.2.-Tratamientos Largos.....	23
4.8.3.-Esponjas Intravaginales.....	24
4.8.4.- Implante Hormonal	25
4.8.5.-Tratamientos Cortos	25
4.8.6-Controlled Internal Drug Release o Dispositivo de Liberación Controlada de Fármacos (CDIR)	26
4.9.- Métodos Naturales	26
4.9.1.- Efecto Macho	26
4.9.2.- Efecto Hembra.....	27
4.10.-Uso de Gonadotropinas	27
4.10.1.- Gonadotrópica Coriónica Equina (eCG)	27
4.10.2.- Gonadotropina Coriónica Humana (hCG)	28
V.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
VI.- RESULTADOS	33
VII.- DISCUSIÓN	35
VIII.- CONCLUSIÓN.....	38
IX. - LITERATURA CITADA	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Comparativa de número de cabezas sacrificadas de ganado ovino en México, De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, n.d.)	5
Figura 2 Representación esquemática de los órganos femeninos de los mamíferos domésticos (Tomado de König & Liebich, 2005).....	8
Figura 3 Fases del ciclo estral, cambios endocrinos y morfológicos asociados a ellas. P4 = progesterona; E2 = estradiol; FSH = hormona folículo estimulante; PGF2a = prostaglandina F2 alfa; CL = cuerpo lúteo; CH = cuerpo hemorrágico. (tomado de Galinda, C., et al. 2008).	19

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Razas ovinas y sus características; Entre las razas más conocidas tenemos; Dorper Suffolk, Merino, Katahdin. Adaptado de: (yomedicow. 2025, enero 10)	6
--	---

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la respuesta fisiológica, en términos de actividad ovárica y tasas de ovulación, de ovejas nulíparas y multíparas sometidas a un tratamiento corto con progesterona durante la estación de anestro. Se utilizaron 24 ovejas de raza Dorper clínicamente sanas, distribuidas en dos grupos según su condición reproductiva: sin partos previos (nulíparas $n = 13$), con un peso corporal promedio de 35.73 ± 0.84 kg y una condición corporal de 3.1 ± 2.0 ; y más de dos partos (multíparas $n = 11$), con un peso promedio de 44 ± 1.5 kg y condición corporal de 2.5 ± 1.0 . Las variables evaluadas incluyeron la manifestación y momento de inicio del estro, el desarrollo y momento de ovulación del folículo ovulatorio, el número de cuerpos lúteos formados, así como las tasas de fertilidad y prolificidad en respuesta al tratamiento. Los efectos del tratamiento sobre la manifestación y momento del estro y la ovulación, el número de cuerpos lúteos, así como las tasas de fertilidad y prolificidad, se analizaron mediante una prueba de t- Student y prueba de chi-cuadrada. Todas las ovejas multíparas mostraron actividad estral, pero solo el 54 % de las ovejas nulíparas, mostraron signos de estro. Sin embargo, el 81.8 % de las ovejas multíparas y el 100 % de las nulíparas ovularon, lo que indica una respuesta ovárica alterada con ovulaciones silenciosas en las ovejas jóvenes. La fertilidad también fue baja en las ovejas nulíparas tras los tratamientos de progesterona de corta duración durante la estación de anestro (30.8 % frente a 72.7 % en las multíparas). En conclusión, se recomienda implementar estrategias diferenciadas que consideren el estado reproductivo, como el uso de tratamientos más prolongados o el ajuste de la dosis hormonal, con el fin de optimizar los resultados reproductivos en programas de sincronización.

Palabras clave: Anestro estacional, Protocolos de tiempo corto, Paridad ovina

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the physiological response, in terms of ovarian activity and ovulation rates, of nulliparous and multiparous ewes subjected to a short-term progesterone treatment during the anestrus season. A total of 24 clinically healthy Dorper ewes were used, distributed into two groups according to their reproductive status: nulliparous ewes with no previous lambings ($n = 13$), with an average body weight of 35.73 ± 0.84 kg and a body condition score of 3.1 ± 2.0 ; and multiparous ewes with more than two lambings ($n = 11$), with an average body weight of 44 ± 1.5 kg and a body condition score of 2.5 ± 1.0 . The variables evaluated included the occurrence and timing of estrus onset, the development and timing of ovulation of the ovulatory follicle, the number of corpora lutea formed, as well as fertility and prolificacy rates in response to the treatment. The effects of the treatment on estrus and ovulation expression and timing, number of corpora lutea, fertility, and prolificacy rates were analyzed using Student's t-test and chi-square test. All multiparous ewes showed estrus activity, whereas only 54% of the nulliparous ewes displayed estrus signs. However, 81.8% of the multiparous ewes and 100% of the nulliparous ewes ovulated, indicating an altered ovarian response with silent ovulations in young ewes. Fertility was also lower in nulliparous ewes after short-term progesterone treatments during the anestrus season (30.8% vs. 72.7% in multiparous ewes). In conclusion, it is recommended to implement differentiated strategies that consider reproductive status, such as the use of longer treatments or adjustment of hormonal doses, in order to optimize reproductive outcomes in synchronization programs.

Keywords: Seasonal anestrus, Short-time protocols, Ovine parity

I.- INTRODUCCIÓN

La eficiencia reproductiva es un componente fundamental en la producción ovina, ya que determina en gran medida la rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas de producción. En regiones con marcada estacionalidad reproductiva, como las zonas templadas, las ovejas presentan anestro estacional, un período de inactividad sexual regulado principalmente por la duración del fotoperiodo, lo que limita la posibilidad de obtener partos distribuidos a lo largo del año (Ortiz-Rodríguez et al., 2021). Para contrarrestar este efecto y sincronizar la actividad reproductiva fuera de temporada, se han desarrollado diversas estrategias hormonales, entre las cuales destaca el uso de protocolos con progestágenos de corta duración en combinación con gonadotropinas como la eCG (gonadotropina coriónica equina) (Abecia et al., 2012).

Los tratamientos de corta duración con dispositivos intravaginales que liberan progesterona han ganado popularidad frente a protocolos tradicionales más largos (12-14 días), debido a su menor impacto ambiental, menor interferencia con la flora vaginal, y resultados comparables en términos de inducción de actividad ovárica (Viñoles et al., 2019). Sin embargo, la eficacia de estos tratamientos puede variar según diversos factores fisiológicos, entre ellos la paridad de los animales. Las ovejas nulíparas, al no haber completado ciclos reproductivos previos, pueden presentar diferencias en la dinámica folicular, sensibilidad hormonal y tasas de ovulación frente a ovejas multíparas (Rosales Nieto et al., 2013).

Estudios recientes sugieren que la respuesta endocrina y ovárica a tratamientos hormonales en anestro puede estar comprometida en ovejas nulíparas,

mostrando tasas menores de ovulación y de fertilidad en comparación con animales multíparas (Menchaca et al., 2020). Estas diferencias fisiológicas se relacionan con la madurez funcional del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, el cual puede responder de manera menos eficiente a estímulos exógenos en ovejas jóvenes sin experiencia reproductiva (González-Bulnes et al., 2020).

Dado lo anterior, es necesario evaluar cómo influye la paridad en la eficacia de protocolos hormonales de corta duración aplicados durante el anestro estacional, con el fin de optimizar su aplicación en programas de reproducción controlada. Esta tesis tiene como objetivo analizar la respuesta fisiológica, en términos de actividad ovárica y tasas de ovulación, de ovejas nulíparas y multíparas sometidas a un tratamiento corto con progesterona durante la estación de anestro, contribuyendo con ello al diseño de estrategias más eficientes y específicas para cada categoría animal.

II.- HIPÓTESIS

Los parámetros reproductivos después de un tratamiento corto de progesterona mas eCG, durante el anestro estacional, no se ven afectados por el numero de partos en ovejas Dorper.

III.- OBJETIVO GENERAL

Evaluar la respuesta fisiológica, en términos de actividad ovárica y tasas de ovulación, de ovejas nulíparas y multíparas sometidas a un tratamiento corto con progesterona durante la estación de anestro.

Objetivos específicos

- Comparar la respuesta estral y ovulatoria en ovejas multíparas vs nulíparas después de un tratamiento de progesterona más eCG

IV.- REVISIÓN DE LITERATURA

4.1.- Situación Actual de la Producción Ovina Mundial

La ovino cultura es sin duda, una actividad en crecimiento en todo el mundo, ya que el ovino puede ser criado para 3 diferentes fines; carne (con proteínas de alta calidad), leche (que puede ser utilizado para subproductos lácteos) y lana (utilizada en la industria textil, entre otros artículos). Son considerados los animales lecheros de los pobres, por sus bajos costos de manteamiento e inversión. Además, por su corto periodo de gestación y producción de recursos necesarios para el productor, tienden a ser una buena opción de generar ingresos. Según la organización de las naciones unidas para alimentación y la agricultura (FAO, s.f.) hay 2,100 millones de cabezas en total de pequeños rumiantes en todo el mundo.

Más de la mitad de la población ovina del mundo se encuentra en los países en desarrollo; las ovejas son más frecuentes que las cabras en climas más fríos. Siendo China, Turquía y Grecia los principales productores ovinos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], s.f.).

4.2.- Situación Actual de la Producción Ovina en México

Los ovinos llegaron a México con la conquista de los españoles, y al ser animales que se adaptan a casi cualquier tipo de clima se adaptaron rápido al cambio de entorno que tuvieron a través del tiempo. Algunas de las primeras razas introducidas fueron el Merino y Rambouillet.

En México, la producción de carne de ovino representa aproximadamente el 1% la carne total producida (SADER, 2024), la práctica de la ovino cultura es desarrollada en todo el territorio mexicano.

Según una comparativa sobre cabezas sacrificadas de ovinos en México, Aguascalientes encabeza la lista siguiendo el estado de México y después Querétaro (figura 1.)

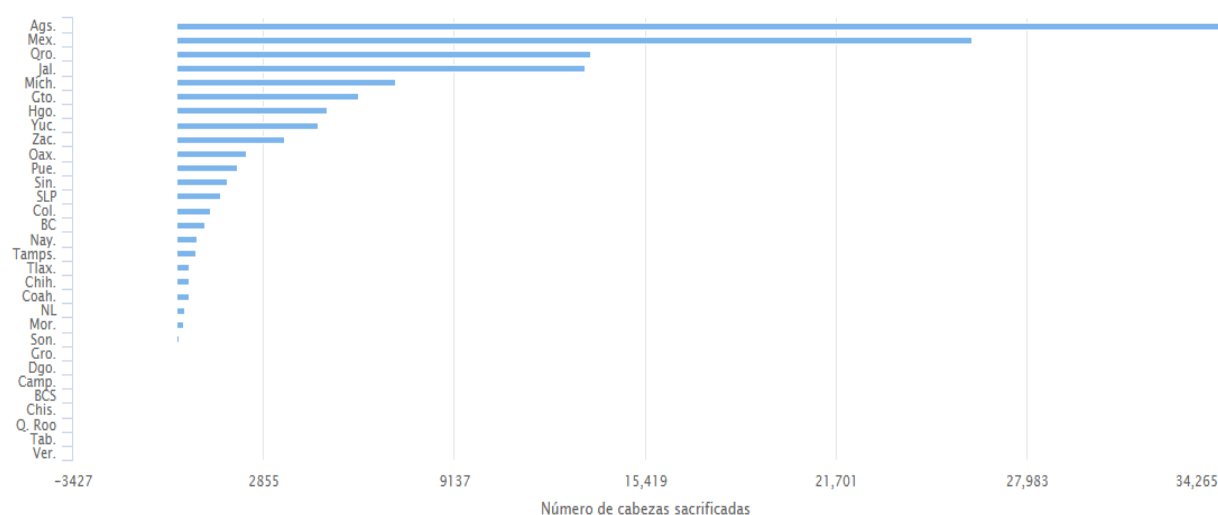


Figura 1. Comparativa de número de cabezas sacrificadas de ganado ovino en México, De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, n.d.)

4.3.- Razas Más Utilizadas en México

En el país predominan razas criollas, aunque también se pueden encontrar razas puras como Suffolk, Hampshire, Rambouiller y Corredale, también podemos encontrar una raza 100% mexicana, el borrego Pelifolk.

Este estudio se realizó principalmente en ovejas Dorper, resultado de la cruce de las razas persa cabeza negra y Dorset horm en Sudáfrica. Poseen pelaje lanudo de color blanco, con una buena capacidad para pastorear y son una raza

dócil que se adapta a climas áridos, húmedos y cálidos fríos. Además, tiene una alta tasa de fertilidad.

En México esta raza es utilizada comúnmente en programas de cruzamiento con ovejas de raza de pelo, para aumentar la capacidad de producción de carne y tasas de crecimiento y conversión alimenticia. En el siguiente cuadro se da una explicación breve de las diferentes razas de ovinos:

Cuadro 1. Razas ovinas y sus características; Entre las razas más conocidas tenemos; Dorper Suffolk, Merino, Katahdin. Adaptado de: (yomedicow. 2025, enero 10)

Raza	Origen	kg. Al Nacer	kg. De Adulto	Características	Adaptabilidad
Assaf	Israel	4-5 kg	M:80-100 kg, H:60-80 kg.	Excelente combinación de producción láctea y cárnica	Muy eficiente en sistemas semi intensivos
Awassi	Medio oriente	3-4 kg	M:70-90 kg, H:50-70 kg.	Resistencia a climas áridos, producción láctea moderada.	Ideal para sistemas intensivos.
Charoláis	Francia	4-6 kg	M: 100-130 KG H:65-90	Alta cálda cárnica, rápido crecimiento	Ideal para cruzamientos comerciales
Corriedale	Nueva Zelanda	3.5-5 kg	M:80-20 kg, H:60-90 kg.	Lana de fibra media y buen peso corporal	//
Dorper	Sudáfrica	3.5-5 kg	M:90-12 kg H:60-85 kg	Lana de fibra media, producción cárnica aceptable	Resistencia a climas fríos y húmedos
East Friesian	Alemania y países bajos	3-4 kg	M:90-110 kg, H:65-80 kg.	Alta producción láctea, excelente persistencia en lactación	Sistemas intensivos con alimentación controlada.
Hampshire	Inglaterra	4-5.5 kg	M:120-150 kg H:90-110 kg	Cuerpo compacto, crecimiento rápido	Popular ente sistemas intensivos y semi intensivos
Lacaune	Francia	3.5-5 kg	M:80-100 kg, H:60-80 kg.	Producción de leche para quesos de alta calidad.	//

Lilcoln	Reino Unido	4-6 kg	M:110-160 kg H:80-110 kg	Lana gruesa y rizada, ideal para productos rústicos	Ideal para regiones húmedas y frías
Merino	Península Ibérica (España Portugal)	3-5 kg	M:80-105 kg H:50-70 kg	Lana fina de alta calidad, fibras largas y suaves	Ideal para climas áridos y semiáridos
Romney	Inglaterra	4-6 kg	M:100-150 kg, H:70-100 kg.	Lana gruesa de alta resistencia	Excelente en climas húmedos y suelos fangosos
Suffolk	Reino Unido	4-6 kg	M:4-6 kg H:80-120 KG	Cuerpo musculoso rápido crecimiento	Ideal para sistemas intensivos
Targhee	Estados Unidos	3.5-5 kg	M:90-120 KG H:60-85 kg	Lana de fibra media, producción cárnica	Resistente a climas fríos y húmedos
Texel	Países Bajos	3.5-5 kg	M:110-140 kg H:75-100KG	Excelente conformación cárnica, carne magra	Ideal para pastoreo en climas templados
Kathadin	Estados Unidos	3.5-4.5 kg	M: 80-115 kg, H:55-80 kg.	Producción de carne, pelo en lugar de lana, resistencia a parásitos y enfermedades comunes	//

4.4.- Anatomía y Fisiología del Aparato Reproductor de la Hembra Ovina

Al hablar del aparato reproductor lo podemos clasificar en 5 estructuras unidas entre sí para darle funcionalidad a este, cada una con un propósito diferente ligado a un resultado final que es darle inicio a la gestación, estas 5 estructuras son; ovarios, oviducto, útero, cérvix y vagina.



Figura 2. Representación esquemática de los órganos femeninos de los mamíferos domésticos (Tomado de König y Liebich, 2005).

4.4.1.- Ovarios

Se trata de órganos pares con forma ovalada suspendidos en región sub lumbar por el ligamento ancho, localizados caudalmente a los riñones. Su longitud en oveja y cabra es de 1,5-2 cm (König y Liebich, 2005).

Cuando se hace un corte transversal al ovario podremos apreciar histológicamente 2 estructuras, corteza y médula. La médula del ovario, que se sitúa en la parte interna de la gónada se pueden apreciar vasos sanguíneos, nervios y vasos linfáticos que continúan con el hilio ovárico. La corteza, parte externa del ovario, actúa como soporte de células germinales en los inicios de la formación del ovario y para los folículos preantrales y antrales en la etapa de la

funcionalidad ovárica que ocurre después de la pubertad, durante la gestación, hasta el agotamiento de la reserva ovárica (Galinda et al., 2008)

Los ovarios son las gónadas femeninas responsables de la producción y maduración de los óvulos, así como de la síntesis de hormonas sexuales (estrógenos y progesterona).

4.4.2.- Oviducto

Es el responsable de que el óvulo y el espermatozoide se encuentren para dar inicio a la fertilización, son dos conductos pares con un trayecto contorneado en su meso (mesalpinx). Se divide en tres porciones, infundíbulo (extremo que “sostiene” al ovulo), fimbria (capta al ovocito al momento de la ovulación), ámpula o ampolla (sitio donde se lleva a cabo la fecundación) (Boeta et al., 2023).

4.4.3.-Útero

Es el órgano que se encarga de albergar la gestación. Se forma a partir de los conductos de Müller, que en mamíferos domésticos permanecen sin fusionarse, dando lugar al útero bicornes. Se compone de dos cuernos, un solo cuerpo y el cérvix (cuello del útero). Su composición y estructura puede cambiar según la edad o por la preñez (König y Liebich, 2005). Desde el punto fisiológico solo tiene dos capas, el endometrio, consta de tres capas de musculatura lisa y presentan hipertrofia durante la gestación, y el miometrio, recibe al óvulo fecundado además de nutrirlo, desarrollarlo y permitir el contacto con la placenta durante toda la preñez.

4.4.4.-Cérvix

También denominado cuello uterino, el cérvix es la barrera física entre la vagina y el útero, formando parte del canal del parto, además de ser responsable de reducir moco cervical. Tiene una pared gruesa y posee de 4-7 pliegues en borregas que son capaces de cerrarlo herméticamente.

Algunas de sus funciones son facilitar, por el medio del moco cervical. El transporte de espermatozoides, siendo a su vez la primera barrera para la selección de espermatozoides.

4.4.5.-Vagina

Es el órgano dilatable para la cópula, además de formar el canal para la salida del feto y la placenta al momento del parto y es el órgano donde se expulsa la orina (Boeta et al., 2023).

La vagina es un órgano fibromuscular de paredes gruesas que se extiende desde el cuello del uterino hasta la vulva. Está compuesta por tres partes: mucosa, muscular y adventicia. La mucosa consta de un epitelio escamoso estratificado apoyado sobre una lámina propia gruesa, cuyo grosor y composición celular pueden cambiar en respuesta al ciclo estral y la producción de hormonas esteroidales. Debido a estas variaciones, en diferentes especies es posible identificar la fase del ciclo estral, el inicio de la pubertad y la gestación mediante el análisis histológico de los componentes (König y Liebich, 2005).

4.5.-Endocrinología Reproductiva

La endocrinología es la ciencia que estudia las hormonas y su papel en los procesos reproductivos. Analiza como las glándulas endocrinas, como el

hipotálamo, la hipófisis, los ovarios y los testículos, regulan funciones esenciales como el ciclo estral, la pubertad, la ovulación, la gestación, el parto y la lactancia.

Esta disciplina es clave en áreas como la producción asistida, el control de la fertilidad, el mejoramiento genético y la producción animal. Permitiendo también diagnosticar y tratar trastornos reproductivos mediante el monitoreo de hormonas como el estrógeno, la progesterona, la testosterona, la oxitocina y la prolactina.

Es importante saber que el sistema endocrino se rige gracias a varios elementos que le comunican a la hormona unirse selectivamente a receptores dentro o en la superficie del cuerpo blanco, de acuerdo con Boeta y colaboradores, (2023), son los siguientes:

- **Emisor o transmisor:** es la célula encargada de producir la hormona, siendo responsable de enviar un mensaje.
- **Mensaje:** representa la información que es comunicada a través de la señal.
- **Señal:** corresponde a la manera en que una hormona es liberada, definiendo su cantidad, frecuencia y amplitud.
- **Medio de transporte de la señal:** es un proceso clave, ya que la señal puede sufrir modificaciones antes de llegar al receptor. Por ejemplo, la prostaglandina $F_{2\alpha}$ se inactiva al pasar por los pulmones, el angiotensinógeno es activado por la renina en la circulación, y los andrógenos pueden convertirse en estrógenos en los adipocitos.

- **Receptor:** es la estructura encargada de recibir la señal e interpretar su mensaje; se trata de moléculas específicas presentes en las células objetivo.
- **Efectector:** es el componente responsable de ejecutar una acción en respuesta al mensaje recibido.
- **Respuesta:** se refiere a la reacción del sistema endocrino y de los órganos reproductivos ante estímulos hormonales o tratamientos médicos.
- **Retroalimentación:** ocurre cuando la acción del efector disminuye la intensidad del estímulo original.

4.5.1.- Hormonas Clave

según Boeta y colaboradores (2023), “Las hormonas son reguladores biológicos, producidos y secretados en cantidades muy pequeñas por células vivas, que después de viajar en medio extracelular actúa sobre células blanco, en donde ejercen una acción específica”. Si bien son muchas las hormonas que se utilizan en el ciclo reproductivo de las hembras ovinas (como en cualquier otra especie mamífera) las hormonas clave son; GnRH (hormona liberadora de gonadotropinas), FSH (hormona foliculoestimulante), LH (hormona luteinizante), estrógenos, progesterona y prostaglandina.

Estas hormonas se clasifican según su composición química: polipeptídicos, esteroides, aminos y prostaglandinas.

4.5.2.- Hormonas Polipeptídicas

Son cadenas cortas de aminoácidos, un ejemplo es la GnRH (formada por 10 aminoácidos). Existe también otro grupo llamado glucoproteínas que tienen

carbohidratos unidos en covalencia en algunos de sus aminoácidos, aquí entraría; LH y FSH. Estas hormonas no se pueden administrar por vía oral, dérmica, rectal o vaginal, ya que no pueden atravesar la piel o las mucosas. Además, son hormonas termolábiles, lo que hace que se desnaturalicen con factores como el cambio de temperatura o pH. (Márquez y Gonzales, 2015).

4.5.3.- Hormonas Esteroides

Hormonas derivadas del colesterol, divididas en cinco grupos principales; protéstenos, estrógenos, andrógenos, glucocorticoides y los mineralocorticoides.

Algunas características descritas por Márquez y Gonzales, (2015) a tomar en cuenta de las hormonas esteroides es que son liposolubles, atraviesan con facilidad las membranas celulares, utilizan receptores intracelulares que se encuentran en el citoplasma de la célula blanco, son moléculas termo estables y no son digeridas en el estómago.

Los siguientes que describiremos son relevantes para la receptibilidad sexual y la gestación:

4.5.4.- Progestágenos

hormonas que favorecen el desarrollo de la gestación, estimulando la secreción endometrial de sustancias nutritivas para el embrión, la estimulación del desarrollo embrionario y placentario, la inhibición de las contracciones uterinas y que el cérvix se mantenga cerrado. La principal hormona de este grupo es la progesterona, aunque también existen una amplia gama de progestágenos sintéticos que se usan en medicina veterinaria, como lo son el acetato de flurogestona (FGA), el acetato de melengesterol (MGA), el altrenogest y el norgestomet (Boeta et al., 2023).

4.5.5.- Estrógenos

Hormonas femeninas responsables de los signos de estro, la receptibilidad sexual, fertilización del ovulo, favorecen la apertura del cérvix para permitir el paso a los espermatozoides y las contracciones uterinas para impulsar el semen a los oviductos. El principal estrógeno es el estradiol 17β . (González-Reyna et al., 2021)

4.5.6- Prostaglandinas

Según Márquez y Gonzales (2015), estas sustancias se originan a partir del ácido araquidónico y poseen características anfipáticas, lo que significa que pueden disolverse tanto en agua como en lípidos, permitiéndoles atravesar las membranas celulares. Entre ellas, la prostaglandina más relevante es la $PGF_{2\alpha}$, cuya función principal es la regresión del cuerpo lúteo en la mayoría de las especies. Además, desempeña un papel clave en la inducción de contracciones uterinas, facilitando el parto, el transporte de espermatozoides y la recuperación del útero tras el parto. En medicina veterinaria, tanto la $PGF_{2\alpha}$ natural como sus análogos sintéticos se emplean para sincronizar el ciclo estral.

4.6.- Eje Hipotálamo-Hipófisis-Gónada

La reproducción de los animales está regulada por el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal, el cual envía señales al cerebro que, a su vez, estimulan el ovario, desencadenando la ovulación como respuesta principal. (González-Reyna et al., 2021)

4.6.1.- Hipotálamo

Órgano principal del sistema neuroendocrino, formado por una región del sistema nervioso central estratégicamente ubicada para captar información de

todos los sentidos. Recibe estímulos nerviosos, directa e indirectamente, desde diversas áreas del cuerpo, permitiéndole regular una función vital para la supervivencia de cualquier especie: la reproducción (Márquez y Gonzales, 2015).

Su función abarca la producción de hormonas que estimulan o inhiben la actividad de la hipófisis, como la GnRH que estimula la hipófisis para la liberación de LH (induce la ovulación) y FSH (promueve el desarrollo de folículos ováricos), la oxitocina favorece las contracciones uterinas en el parto y la eyección de leche en la lactancia, el inhibidor de prolactina que regula a su vez su eyección excesiva, y la hormona adrenocorticotropa (ACTH) que estimula la corteza suprarrenal para la producción de glucocorticoides, esenciales en el metabolismo y la respuesta del estrés. El hipotálamo se comunica con la hipófisis mediante dos sistemas: con la adenohipófisis y una red de conexiones nerviosas que lo vincula con la neurohipófisis.(Boeta et al., 2023)

4.6.2.- Hipófisis

También conocida como glándula pituitaria, se constituye por la adenohipófisis, neurohipófisis y la hipófisis intermedia. La adenohipófisis es una estructura de origen epitelial que se desarrolla a partir del epitelio paladar durante la embriogénesis. Contiene células especializadas responsables de la producción de diversas hormonas, como la gonadotropina, prolactina, hormona del crecimiento, hormona estimulante de la tiroides, y la ACTH. Además, sintetiza otras sustancias, como péptidos opioides y la hormona estimulante de los melanocitos. La actividad de estas células es regulada por el hipotálamo a través de hormonas liberadoras e inhibidoras que llegan mediante la circulación portal (Galinda et al., 2008).

La neurohipófisis es una estructura de naturaleza nerviosa formada por prolongaciones de neuronas de hipotálamo, cuyos axones llegan hasta ella y liberan sus secreciones directamente en la circulación general. las principales hormonas secretadas por esta región son la oxitocina y la vasopresina.

La hipófisis intermedia, aunque no tenga la misma importancia que las dos anteriores, en algunos vertebrados desempeña un papel esencial al secretar la hormona estimulante de los melanocitos, responsables de regular los cambios en la pigmentación de la piel (Boeta et al., 2023).

4.6.3.- Gonadotropinas

Son hormonas que tienen como objetivo estimular el funcionamiento de las gónadas masculinas y femenina.

En hembras, las gonadotropinas estimulan la manera secuencial el crecimiento folicular, la secreción de estrógenos, la maduración, de los ovocitos, la ovulación, el desarrollo del cuerpo lúteo y la secreción de progesterona (Galinda et al., 2008). Según Boeta et al. (2023), la LH y FSH son hormonas producidas en células gonadotropas de la adenohipófisis, que representan aproximadamente el 20% de sus células basófilas. La acción reguladora de GnRH no es idéntica para ambas hormonas: en el caso de la FSH, su síntesis es estimulada por GnRH, pero solo requiere estímulos esporádicos para su liberación, ya que un aumento de la frecuencia de estos no incrementa su secreción. En cambio, la LH se libera con cada pulso de GnRH, por lo que un aumento en la frecuencia de pulsos genera mayor liberación de GnRH no es el único regulador de las gonadotropinas, ya que otras hormonas también influyen en su secreción, como la inhibina, que reduce selectivamente la FSH, y la hormona inhibidora de gonadotropinas (GnIH), identificada recientemente.

4.7.-Ciclo Reproductivo de la Hembra Ovina

El ciclo reproductivo de las ovejas es un proceso fisiológico clave que determina su eficiencia productiva y reproductiva. Este ciclo está influenciado por factores como la estacionalidad, la raza, la nutrición, y el manejo. Las ovejas en su mayoría son paléstricas estacionales, lo que significa que presentan ciclos reproductivos en determinadas épocas del año, regulados principalmente por el fotoperiodo. Durante este ciclo, suceden distintas fases hormonales que preparan al animal para la ovulación, la gestación, o un nuevo ciclo si no ocurre la fecundación.

4.7.1.-Maduración Sexual

La maduración sexual o también llamada pubertad es considerada por varios autores como el inicio de la vida reproductiva de un animal. González-Reyna et al., (2021) explican que iniciando alrededor de los 8-10 meses cuando la oveja alcanza aproximadamente el 60% de su peso adulto.

En ovejas inmaduras, los picos de gonadotropinas no ocurren espontáneamente, ya que, aunque el mecanismo está presente desde una edad muy temprana, permanece inactivo debido a una secreción insuficiente de LH. Esta hormona, junto con la FSH, regula la producción de estradiol en el folículo ovárico; sin embargo, antes de la pubertad, los pulsos de LH, aunque de gran amplitud, presentan una frecuencia baja, lo que impide el desarrollo folicular y la ovulación. Aunque el cordero joven tiene la capacidad de generar pulsos rápidos de GnRH y LH, su alta sensibilidad al estradiol inhibe este proceso. Durante la pubertad esta sensibilidad disminuye, permitiendo un ritmo acelerado de secreción de GnRH, pues antes de la pubertad el sistema ya cuenta con la capacidad de responder a la estimulación de estradiol, producir pulsos de LH y generar GnRH.

de alta frecuencia, pero su activación ocurre únicamente cuando la inhibición del estradiol disminuye (Foster y Hileman, 2015).

4.7.2.-Estacionalidad Reproductiva

Las ovejas son animales polimétricos estacionales, esto quiere decir que son especies que garantizan que sus crías nazcan en la época mas favorable del año, favoreciendo así su supervivencia, las ovejas están dentro del grupo de animales que se reproducen durante los periodos de fotoperiodo decreciente, otoño-invierno (Boeta et al., 2023).

las ovejas pueden monitorear los cambios en el fotoperiodo gracias a la secreción circadiana de melatonina, regulada por la glándula pineal. Esta, a su vez, ajusta su producción según el fotoperiodo, ya que la melatonina se concentra en mayor cantidad en la sangre durante las horas de obscuridad. La melatonina tiene un impacto significativo en la secreción de GnRH por el hipotálamo, lo que influye en la liberación de gonadotropinas hipofisiarias, las cuales, a su vez, regulan la actividad reproductiva estacional (Ptaszynska y Molina 2007).

4.7.3.-Ciclo Estral

Galinda (2008) lo describe como el inicio de la receptibilidad sexual o estro, incluyendo el siguiente estro. Si después de la copula se logra la fertilidad este ciclo se ve interrumpido por el anestro fisiológico. Además de que la época del año, eventos patológicos como infecciones reproductivas, persistencia del cuerpo lúteo, malnutrición y estrés, pueden causar inhibición o alteración del ciclo estral.

La duración del ciclo estral en ovejas es de 16-17 días, con un rango de 14-19 días, y al igual que en otras especies, el ciclo puede dividirse en dos fases: la fase folicular (3-4 días de duración) y la fase lútea (13 días promedio) (Ptaszynska y Molina, 2007).

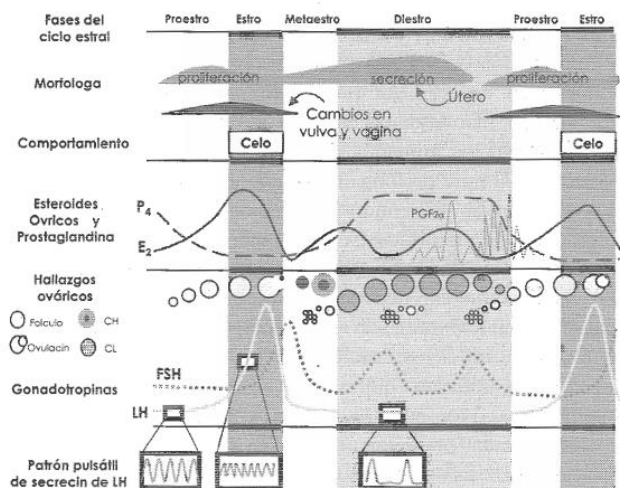


Figura 3. Fases del ciclo estral, cambios endocrinos y morfológicos asociados a ellas. P_4 = progesterona; E_2 = estradiol; FSH = hormona folículo estimulante; $PGF_{2\alpha}$ = prostaglandina F2 alfa; CL = cuerpo lúteo; CH = cuerpo hemorrágico. (tomado de Galinda, C., et al. 2008).

4.7.4.- Fase Folicular

La fase folicular se divide en proestro y estro, siendo parte de esto el desarrollo folicular, Bartlewski (2011) los describe de la siguiente manera:

- **Folículo primordial:** al activarse marca el inicio del proceso de crecimiento folicular, contiene un tipo de ovocito rodeado por una capa de células foliculares planas. Se mantiene en una fase de reposo hasta que es activado por factores paracrinós.
- **Folículo primario:** en esta etapa, el ovocito está envuelto por una capa de células de la granulosa con una morfología cubica. Es además la fase que

representa el primer estado activo del desarrollo folicular y es un paso esencial para la maduración del folículo.

- Folículo secundario: durante esta fase, el folículo experimenta un crecimiento estructural significativo. Se caracteriza por la presencia de dos o tres capas de células de la granulosa cubicas. Además, comienza la diferenciación de las células de la teca, las cuales jugaran un papel muy importante en la producción de hormonas.
- Folículo preantral: en este punto, el folículo presenta múltiples capas de células de la granulosa. Se empiezan a desarrollar pequeñas cavidades llenas de liquido en su interior, que mas adelante se fusionaran. Además, el folículo comienza a responder a las hormonas de la gonadotrópicas, las cuales le ayudaran en su crecimiento continuo.
- Folículo antral (terciario o de Graaf): en esta fase avanzada del desarrollo, las cavidades llenas de líquido se fusionan y forman una estructura conocida como antro folicular. En este punto, el folículo está completamente desarrollado y puede identificarse mediante ecografía. El tiempo necesario para llegar a esta etapa desde la fase primordial puede superar los seis meses en ovejas.
- Folículo preovulatorio: última etapa antes de la ovulación. Durante esta fase, el ovocito retoma el proceso de meiosis, deteniéndose en la metafase II hasta que ocurre la ovulación. A medida que avanza esta fase, el diámetro folicular alcanza al menos 4 mm, lo que indica que este listo para liberar el ovocito.

El proestro comienza con la regeneración del cuerpo lúteo y la disminución de progesterona. Durante esta fase, los folículos en desarrollo comienzan a producir

estradiol e inhibina. La LH aumenta su frecuencia de secreción por efecto del estradiol, lo que estimula la producción de estrógenos. Estos cambios hormonales preparan al aparato reproductor para la copula, con signos como crecimiento uterino y cambios en el epitelio vaginal. La fase termina con el inicio de la receptibilidad sexual (Galinda, 2008).

La duración del estro de las ovejas varía dependiendo de factores como la edad, la raza y la época del año, oscila entre las 18 y 72 horas, con un promedio de aproximadamente 36 horas. La ovulación ocurre de forma espontánea, usualmente entre 20 y 40 horas después del inicio del estro. La tasa de ovulación esta influenciada por diversos elementos, como la raza la edad, el estado reproductivo, la estación, el nivel nutricional y la condición corporal del animal. Al comenzar la temporada reproductiva, es común que las tasas de ovulación sean más bajas, el estro tenga una duración más corta, se presenta con menor intensidad y la fertilidad sea reducida (Ptaszynska y Molina, 2007).

4.7.5.- Fase Lútea

Ocurriendo aquí el metaestro, diestro y anestro. El cuerpo lúteo (CL) en ovejas se forma tras la ovulación por acción de la hormona luteinizante (LH), que provoca cambios funcionales y estructurales en las células del folículo. Entre 3y 4 días después de la ovulación, el CL alcanza entre 6 y 8 mm, y llega a su máximo tamaño (11-14 mm) alrededor del día 6 del ciclo. La regresión ocurre bruscamente entre los días 12 y 15.

El CL está formado por cuatro tipos de células; lúteas pequeñas que se multiplican, pero no aumentan de tamaño (derivan de la teca), grandes que aumentan de tamaño, pero no se multiplican (de la granulosa), fibroblastos y

células endoteliales que también aumentan de tamaño (pueden transformarse en células lúteas pequeñas).

La prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$), producida por el útero, es el principal responsable de la luteolisis (regresión del CL). Se transporta al ovario por un sistema local entre vasos uterinos y la arteria ovárica.

Hacia el final del ciclo, el aumento del estradiol folicular favorece la producción de $PGF_{2\alpha}$ y de receptores de oxitocina (Bartlewski, Baby y Giffin, 2011).

4.8.-Tratamientos Hormonales en Hembras Ovinas

Córdova-Izquierdo et al., (2008) señalan que el objetivo principal de los tratamientos hormonales en ovejas se hace con el fin de aumentar la fertilidad en ovejas, el estro se puede manipular mediante el fotoperiodo, estimulación por el efecto macho, o mediante la aplicación de métodos farmacológicos para sincronizar su presentación. Todo esto habilita la inseminación artificial (IA), aunque debido a la anatomía del cérvix sea más compleja la manipulación y penetración para el depósito de semen in útero, otras alternativas pudieran ser la IA transcervical y la transferencia de embriones, esta última teniendo la ventaja de poder guardar el material genético para futuras generaciones (pudiendo ser usada para la regeneración de líneas o razas de poblaciones de animales, evitando su extinción).

Otro aspecto relevante es que los protocolos de sincronización del estro son en su mayoría, aplicaciones con fines de inseminación artificial (IA), dado que esta técnica contribuye a optimizar la eficacia de dichos tratamientos (como la esponja intravaginal, el CIDR, las prostaglandinas y las hormonas gonadotrópicas) (Menchaca et al., 2007). Estos procedimientos permiten, además un manejo

genético más preciso y control programado de las fechas de parto, facilitando la planificación de la comercialización de productos y subproductos derivados de las ovejas (Mortemucci y D'Alessandro, 2011).

4.8.1.- Uso de Progestágenos

Siendo uno de los métodos tradicionales para la sincronización del estro, dicho por diferentes autores, encontramos 2 tratamientos principales que fueron evolucionando conforme el paso del tiempo; según Menchaca y Rubianes (2004), en tratamientos tradicionales, usados durante periodos prolongados similares a la vida de un cuerpo lúteo (CL) cíclico de 11 a 19 días, sincronizan eficazmente el estro aunque presentan una fertilidad variable; sin embargo un tratamiento a corto plazo (5-7 días de preparación) podría ser mejor para controlar la fertilidad folicular.

A continuación, se describen los métodos más comunes dentro de ambas estrategias de sincronización:

4.8.2.-Tratamientos Largos

El tratamiento de larga duración con progestágenos debe durar más que la vida útil del cuerpo lúteo (12-14 días) para lograr la correcta sincronización del estro, el cual suele aparecer entre 2 y 3 días tras su retiro. Estos compuestos imitan la función del cuerpo lúteo al inhibir la liberación de gonadotropinas, favorece el crecimiento folicular y la ovulación. En protocolos de inseminación artificial o transferencia de embriones, se puede usar gonadotropina coriónica humana (hCG), FSH o PG-600 para mejorar la sincronización. Durante el anestro, los progestágenos inducen a una fase similar al diestro, estimulando el desarrollo folicular. Su uso, junto al efecto macho, puede optimizarse administrando

progesterona o MGA antes de introducir al macho, especialmente en ovejas no lactantes y en buen estado corporal (Córdova-Izquierdo et al., 2008).

Según Menchaca y Rubianes (2004), en estos tratamientos hormonales, los niveles subóptimos de progesterona pueden favorecer un crecimiento folicular excesivo, dando lugar a la presencia de folículos dominantes de mayor tamaño. Esta situación se asocia con el envejecimiento folicular, lo cual conlleva una reducción de la fertilidad, posiblemente como consecuencia de una reanudación temprana de la meiosis en el ovocito.

Los tratamientos largos pueden emplearse de las siguientes maneras:

4.8.3.-Esponjas Intravaginales

Los dispositivos intravaginales comenzaron a desarrollarse en 1956, consistentes en esponjas de poliuretano impregnadas con progestágenos que son absorbidos por la mucosa vaginal. En ovejas, su aplicación tiene una duración de entre 12 y 14 días, tras la cual el estro suele presentarse entre 2 y 3 días después, durante la estación reproductiva (Córdova-Izquierdo et al, 2008).

El uso de estos dispositivos puede alterar el microbiota vaginal, lo cual incrementa el riesgo de infecciones. Estas alteraciones están relacionadas con cambios en el pH y en las secreciones vaginales que se producen durante el tratamiento, lo que favorece la proliferación de bacterias como *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Como consecuencia, pueden presentar patologías como vaginitis, la cual según el artículo se han reportado en aproximadamente 85% de las ovejas algunas veces a protocolos clásicos de sincronización prolongada. Es por esta razón, que se recomienda acompañar el tratamiento con una higiene adecuada, incluyendo la desinfección de la vulva, la

zona perianal y el material utilizado, así como la administración de antibióticos locales o sistémicos a la par del tratamiento, para prevenir complicaciones (Gonzalez-Bulnes et al., 2020).

4.8.4.- Implante Hormonal

Estos sistemas son comúnmente usados en Estados Unidos y se basan en el implante auricular Norgestomet, suministrado con el sistema Syncro-Mate-b, originalmente desarrollado para ganado bovino. Este implante contiene 6 mg del progestágeno sintético Norgestomet; sin embargo, en ovejas se usa normalmente la mitad o un tercio del implante original. El periodo de implantación en ambas especies es el mismo, de 9-14 días, y a menudo se combinan con tratamientos PMSG y/o PGF_{2α}, aplicados el mismo día de la implantación o dos días antes del final del periodo de uso (Wildes, S. 1999). Córdova-Izquierdo y colaboradores (2008) señalan que, aunque el método es efectivo, puede generar estrés en el animal al momento del retiro, ya que este requiere una incisión, motivo por el cual su uso en ovinos no es recomendable.

4.8.5.-Tratamientos Cortos

estos han tomado gran relevancia en los últimos años ya que diferentes autores afirman un incremento en la tasa de preñez. Menchaca y Rubianes (2004) afirman que, tras la aplicación de esponjas intravaginales durante uno, dos, tres, seis y 12 días, combinada con la monta de un carnero, resulto de la tasa de preñes del 12,5%, 20%, 50%, 75% y 68% respectivamente, concluyendo así que los tratamientos cortos de seis a siete días inducen eficazmente en estro durante la época no reproductiva, lo que resulta en una alta fertilidad.

4.8.6-Controlled Internal Drug Release o Dispositivo de Liberación

Controlada de Fármacos (CDIR)

los dispositivos CIDR están fabricados con elastómeros de silicona medica impregnados de progesterona, el contenido de esta hormona varia de entre el 9% y el 12%, lo equivale a 330mg de progesterona. El protocolo de uso de los dispositivos CIDR es similar al de las esponjas intravaginales, aunque se diferencia la duración del tratamiento, ya que en el caso de los CIDR suelen ser de al menos cinco días (Córdova-Izquierdo et al., 2008).

Una característica que los hace diferenciar está relacionada con la inducción de vaginitis y el uso de antibióticos. Los antibióticos no son necesarios con los tratamientos a corto plazo, incluso si se utilizan esponjas, ya se tiene menos efecto sobre el pH vaginal, el microbiota y la incidencia de secreciones hemorrágicas o purulentas (10% en corto plazo comparado con el 85% en protocolo de largo plazo). Además de permitir la reutilización de los dispositivos tras un lavado y desinfección adecuados, con resultados similares a los obtenidos con el primer uso, reduciendo el coste de los tratamientos (Gonzalez-Bulnes, A., et al, 2020).

4.9.- Métodos Naturales

4.9.1.- Efecto Macho

Este método es reconocido desde hace muchos años como una forma eficaz y barata para el control del empadre, también se le a usado como forma de inducir el inicio de la vida reproductiva en hembras jóvenes (Labra Llano, A. H., 2021).

El efecto macho estimula el desarrollo folicular, aumentando la producción de estradiol y promoviendo la ovulación. Durante el anestro estacional, este efecto puede reactivar la actividad ovárica. Las feromonas sexuales del macho coordinan la liberación de gonadotropinas, sincronizando la ovulación y la interacción con la hembra. Estas feromonas actúan sobre el eje hipotálamo-hipofisiario, potenciando el efecto macho. Para adelantar la oleada de LH mediante este estímulo es necesario un control preciso del momento de la ovulación, que ocurre aproximadamente 50hrs después de retirar la esponja (Córdova-Izquierdo, et al, 2008).

4.9.2.- Efecto Hembra

Usualmente las hembras se suelen usar señales de los machos, en ausencia de estos, recurren a la información de otras hembras para poder coordinar sus eventos reproductivos, la condición esencial para que una hembra ejerza un papel inductor en la actividad reproductiva de otra es que se encuentre bajo la influencia de los estrógenos (Labra Llano, A. H., 2021).

4.10.-Uso de Gonadotropinas

4.10.1.- Gonadotrópica Coriónica Equina (eCG)

Es una hormona producida por el endometrio de la yegua preñada, se utilizan para programas de superovulación y para promover el crecimiento folicular en animales en anestro (Barioglio, C. F., 2013).

Según Gonzalez-Bulnes et al. (2020), desde las primeras investigaciones que confirmaron la efectividad de las inyecciones de progesterona para controlar el ciclo reproductivo en ovejas, se avanzó rápidamente en el desarrollo de protocolos más completos. Cuatro años después, se evidencia que una única

dosis de eCG al finalizar el tratamiento con progesterona era eficaz para producir el estro y la ovulación durante el anestro estacional, convirtiéndose en un elemento clave en los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

La eCG estimula la producción de FSH en principal medida y en menor producción de LH, lo que aumenta el crecimiento folicular y el reclutamiento de folículos pequeños, aumentando la tasa ovulatoria. Esto permite una aparición más rápida y sincronizada del estro y la ovulación. Además, la eCG contrarrestar algunos efectos negativos de la progesterona y eleva la secreción de estradiol, facilitando una manifestación temprana del estro. Sin embargo, su uso en altas dosis es menos eficaz cuando se administra sola, en comparación con su combinación con progestágenos exógenos. es importante usarla con precaución, ya que puede elevar significativamente la tasa ovulatoria y, como consecuencia, aumentar la incidencia de partos múltiples con crías de baja viabilidad (Lozano-González, et al, 2012).

4.10.2.- Gonadotropina Coriónica Humana (hCG)

Hormona sintetizada por el embrión humano a partir de séptimo u octavo día postfecundación. Tiene una función biológica semejante a la de la LH, ya que estimula la síntesis de progesterona por el cuerpo lúteo, al unirse los receptores de LH y contribuir a su preservación (Fernández, J., et al, 2016).

Dado su papel en la función lútea, se han investigado sus efectos en la reproducción ovina. La hCG se utiliza tanto en ciclos normales como en anestro, para una mejor producción de progesterona, la formación de CL adicionales y la función uterina o placentaria. Aunque los resultados han sido mayormente

positivos, estos pueden llegar a variar según el momento del ciclo en que se administra (Catalano, R., et al, 2016).

Según un estudio realizado por Sánchez-Ramos et al. (2022) evidencian que, aunque la hCG parece haber sido menos eficaz al estimular el crecimiento folicular, todas las ovejas quedaron gestantes. Dándonos a entender que es más efectiva que la eCG.

V.- MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Consideraciones éticas del experimento

Todos los procedimientos experimentales del presente estudio se realizaron conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 para el uso y cuidado de animales de laboratorio (SAGARPA, 2001), así como de acuerdo con las directrices nacionales (NAM, 2002) e internacionales en materia de ética y bienestar animal en investigación (FASS, 2010).

5.2. Grupos experimentales

El estudio se desarrolló en una unidad de producción ovina ubicada en el Ejido La Partida, en el estado de Coahuila, México (latitud 25°37'N, longitud 103°23'W), bajo un sistema de manejo intensivo. El experimento se llevó a cabo durante el mes de marzo (fuera de estación reproductiva) bajo condiciones de fotoperiodo natural. Se utilizaron 24 ovejas de raza Dorper clínicamente sanas, distribuidas en dos grupos según su condición reproductiva: sin partos previos (núlparas $n = 13$), con un peso corporal promedio de 35.73 ± 0.84 kg y una condición corporal de 3.1 ± 2.0 ; y más de dos partos (multíparas $n = 11$), con un peso promedio de 44 ± 1.5 kg y condición corporal de 2.5 ± 1.0 .

Para confirmar que las ovejas se encontraban anovulatorias, se realizó una ecografía ovárica transrectal (equipo Eco 5, Chison Co., Jiangsu, China) en todos los animales antes del tratamiento. Posteriormente, se colocó un dispositivo intravaginal CIDR® Ovis (Zoetis, Ciudad de México, México), que contiene 0.3 g de progesterona, durante un período de siete días.

Al momento del retiro del dispositivo, todas las ovejas recibieron por vía intramuscular una dosis de 5 mg de prostaglandina $F_{2\alpha}$ (Lutalyse®, Zoetis, Ciudad de México, México) y 300 UI de eCG (Gon-Active® eCG, Virbac, Zapopan, México), con el objetivo de inducir el crecimiento folicular y la ovulación.

5.3. Variables evaluadas

5.3.1. Comportamiento estral

El comportamiento de estro fue evaluado dos veces al día durante cinco días posteriores al retiro del CIDR, mediante la exposición controlada a carneros entrenados (uno por cada oveja) durante sesiones de 15 minutos. Se permitió la monta únicamente en aquellas ovejas que manifestaron signos claros de receptividad sexual. Se registraron los intervalos desde la retirada del dispositivo hasta la aceptación de la primera monta y su posterior rechazo, definiendo así la duración del estro.

5.3.2. Momento de la ovulación, numero de cuerpos lúteos y tasa embrionaria

La evaluación del desarrollo y desaparición de folículos ≥ 4 mm se realizó mediante ecografía transrectal (Eco 5, Chison Co., Jiangsu, China) en un rango de tiempo comprendido entre las 36 y 84 horas posteriores al retiro del CIDR. La desaparición del folículo dominante se utilizó como indicador indirecto de ovulación (González-Bulnes et al., 2020). Por otro lado, la presencia y número de cuerpos lúteos formados como consecuencia del tratamiento fueron determinados por ecografía transrectal el día 10 del ciclo estral inducido. La

preñez y el número de embriones se determinaron mediante ecografía transrectal el día 35 posterior al retiro del CIDR.

5.4. Análisis estadístico

Los efectos del tratamiento sobre la manifestación y momento del estro y la ovulación, el número de cuerpos lúteos, así como las tasas de fertilidad y prolificidad, se analizaron mediante una prueba de t- Student y prueba de chi-cuadrada, utilizando el paquete estadístico SPSS versión 22.0 (IBM Corp., Nueva York, EE. UU.). Para las variables expresadas en forma de porcentaje, se realizó una transformación arcoseno previa al análisis estadístico, y se aplicó una prueba de normalidad para verificar la distribución de los datos. Los resultados se presentan como media $\pm$ error estándar de la media (E.E.M.), y se consideraron diferencias estadísticamente significativas aquellas con un valor de $p < 0.05$.

VI.- RESULTADOS

Se observaron diferencias significativas en la respuesta al tratamiento de inducción del celo y ovulación entre las hembras nulíparas y multíparas (cuadro 2). En términos generales, todas las ovejas multíparas presentaron actividad estral, mientras que únicamente aproximadamente la mitad de las nulíparas que respondieron al tratamiento manifestaron signos de celo (Figura 4) , sin embargo el 100% (13/13) si ovularon en respuesta al tratamiento.

Cuadro 2. Respuesta fisiológica de los parámetros reproductivos de ovejas nulíparas vs. multíparas después de un tratamiento corto de progesterona más eCG, durante el anestro estacional.

Variables evaluadas	Grupos	
	Nulíparas	Multíparas
Tiempo de inicio del estro (h)	36±1.7 ^a	41.45±3.38 ^a
Hembras en celo (%)	53.85 (7/13) ^b	100 (11/11) ^a
Duración del celo (h)	24±2.52 ^a	29.45±4.08 ^a
Hembras ovuladas (%)	100 (13/13) ^a	81.82 (9/11) ^a
Momento de la ovulación (h)	63.42±1.62 ^a	70.91±3.01 ^a
Tasa ovulatoria	2.2±0.2 ^a	1.91±0.25 ^a
Hembras gestantes (%)	30.77(4/13) ^b	72.73 (8/11) ^a
Tasa embrionaria	1.1±0.1 ^a	1.63±.16 ^a

^a ≠ ^b: Letras distintas indican diferencias significativas entre grupos (p < 0.05).

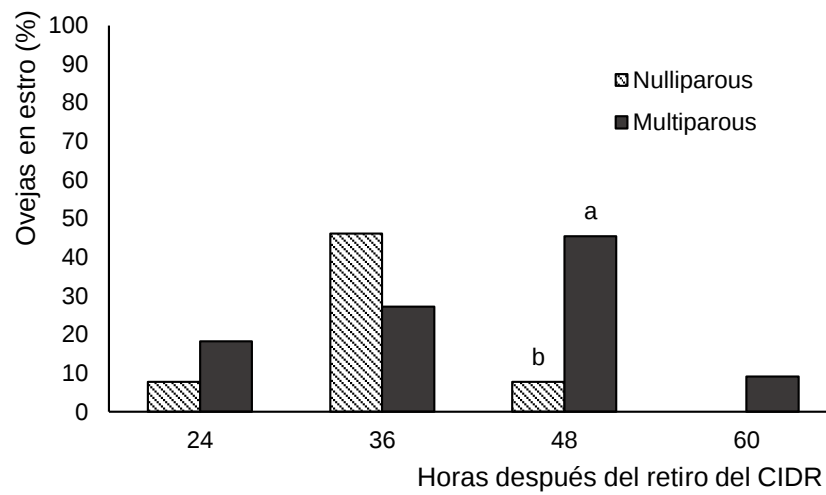


Figura 3. Porcentaje de ovejas en celo después del retiro del CIDR y la administración de 300 UI de eCG. ^a ≠ ^b: Letras distintas indican diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$).

VII.- DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio revelan diferencias significativas en la respuesta fisiológica de ovejas nulíparas frente a ovejas multíparas al ser sometidas a un tratamiento hormonal de corta duración durante la estación de anestro. Las ovejas multíparas mostraron una respuesta ovárica favorable, con manifestación de estro en el 100 % de los casos tras la retirada del dispositivo, desarrollo de cuerpos lúteos en aproximadamente el 82 % de los animales, y una tasa de preñez del 75 %. Estos resultados concuerdan con lo reportado en otros estudios realizados en ovejas de razas similares, incluyendo Dorper, lo que respalda la eficacia de estos protocolos cuando se incluye eCG como agente ovulatorio durante el anestro (Swelum et al., 2018).

Diversos autores han señalado que para que un tratamiento basado en progesterona sea efectivo, es necesaria una adecuada estimulación con gonadotropinas, ya que estas imitan el efecto biológico de FSH y LH y promueven el desarrollo folicular y la ovulación (Powell et al., 1996). Sin embargo, los resultados obtenidos sugieren que la limitada respuesta observada en ovejas nulíparas no se debe al protocolo de sincronización en sí, sino probablemente a una activación deficiente o tardía del eje hipotálamo-hipófisis-ovario, fenómeno descrito previamente en animales jóvenes con escasa experiencia reproductiva (González-Bulnes et al., 2020; Menchaca et al., 2020).

A diferencia de lo observado en las multíparas, un alto porcentaje de ovejas nulíparas no manifestó comportamiento de estro tras la remoción del dispositivo (aproximadamente el 45 %), a pesar de que la totalidad de los animales de esta categoría ovularon. Esta discrepancia evidencia la ocurrencia de ovulaciones

silenciosas, fenómeno frecuente en ovejas durante la reanudación de la actividad ovárica tras el anestro estacional, y especialmente común en hembras nulíparas (Ungerfeld y Rubianes, 1999; Rosales Nieto et al., 2013). La presencia de ovulaciones silenciosas, incluso tras protocolos prolongados, se ha relacionado con deficiencias en el crecimiento folicular terminal, lo cual se ve respaldado en este estudio por el tamaño menor de los folículos preovulatorios observados en ovejas nulíparas. Esta condición puede estar asociada a una señalización insuficiente de progesterona durante la transición del anestro a la ciclicidad ovárica (Viñoles et al., 2019; González-Bulnes et al., 2020).

Como consecuencia, la tasa de fertilidad en el grupo de ovejas nulíparas fue considerablemente menor, alcanzando apenas el 30 %, a pesar de haberse observado ovulación. Además, se identificaron dos factores adicionales que explican este bajo desempeño reproductivo: a) cerca de la mitad de las nulíparas que presentaron estro y fueron apareadas no lograron preñez, y b) la relación entre el número de cuerpos lúteos y el número de embriones fue baja, indicando una menor prolificidad en comparación con las multíparas. Estos hallazgos se alinean con lo reportado por Menchaca et al. (2020) y refuerzan la hipótesis de que la señalización hormonal deficiente y la inmadurez funcional del eje neuroendocrino repercuten negativamente sobre la competencia del ovocito y la calidad embrionaria en ovejas jóvenes.

Estudios previos han demostrado que la fertilidad de ovejas nulíparas tras tratamientos con progesterona es baja incluso durante la temporada reproductiva, debido a una disminución marcada en la competencia del ovocito para generar embriones viables en comparación con ovejas adultas (Rosales Nieto et al., 2013; Viñoles et al., 2019; Menchaca et al., 2020). Asimismo,

investigaciones sobre la duración de los tratamientos han mostrado que un mayor tiempo de impregnación con progesterona puede mejorar las tasas de preñez (83.3 % tras 14 días vs. 60 % con 9 días y 47.8 % con 5 días de tratamiento), lo que sugiere que protocolos más largos podrían beneficiar específicamente a las nulíparas (Martinez et al., 2015).

VIII.- CONCLUSIÓN

En conjunto, los resultados del presente estudio evidencian la necesidad de adaptar los protocolos hormonales a la categoría fisiológica de las ovejas. Mientras que las ovejas multíparas responden de manera eficiente a tratamientos de corta duración con progesterona y eCG durante el anestro estacional, las nulíparas presentan limitaciones en la expresión de estro, calidad folicular y fertilidad. Por tanto, se recomienda implementar estrategias diferenciadas que consideren el estado reproductivo, como el uso de tratamientos más prolongados o el ajuste de la dosis hormonal, con el fin de optimizar los resultados reproductivos en programas de sincronización.

IX. - LITERATURA CITADA

- Abecia, J. A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2012). Pharmaceutical control of reproduction in sheep and goats. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 28(2), 203-217. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.04.002>
- Azcona, B., Martínez, M. A., & Alfonso, J. Pubertad en ovino.
- Barioglio, C. F. (2013). *Diccionario de producción animal*. Editorial Brujas.
- Bartlewski, PM, Baby, TE y Giffin, JL (2011). Ciclos reproductivos en ovejas. *Ciencia de la reproducción animal*, 124 , 259-268. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.02.041>
- Boeta, M., et al. (2023, noviembre 15). Fisiología reproductiva de los animales domésticos. Facultad de Medicina y Zootecnia.
- Catalano, R., Teruel, M., & Callejas, S. (2016). Gonadotrofina coriónica humana y su relación con la función luteal y la respuesta reproductiva en ovinos. *InVet*, 18(1), 49-58.
- Córdova-Izquierdo, A., Córdova-Jiménez, M.S., Córdova-Jiménez, CA., & Guerra-Liera, J.E. (2008). Procedimientos para aumentar el potencial reproductivo en ovejas y cabras. *Revista veterinaria* 19(1), 67-79.
- Fernández, J., Bruno Galarraga, M., Cueto, M., Lacau, I., Soto, A., De La Sota, R., & Gibbons, A. (2016). Tratamientos hormonales para incrementar la eficiencia reproductiva en los ovinos. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 42(2), 145-152.
- Foster, D. & Hileman, S.. (2015). Puberty in the Sheep. En *Knobil and Neill's Physiology of Reproduction, Fourth Edition (Ed.)*, pp.1441-1477 (pp. Ann Arbor, Michigan, EE. UU.). Elsevier Inc
- Galinda, C., et al. (2008). *Reproducción de animales domésticos 3ª edición*. LIMUSA, S.A. de C.V.
- González-Bulnes, A., Menchaca, A., Martin, G. B., & Martínez-Ros, P. (2020). Secretion patterns of gonadotrophins and ovarian hormones during induced ovulatory cycles in sheep. *Animals*, 10(10), 1806. <https://doi.org/10.3390/ani10101806>
- González-Reyna, A., Vázquez-Armijo, J. F., & Lucero-Magaña, F. A. (2021). Fisiología de la reproducción y productividad en pequeños rumiantes: Comportamiento reproductivo y productivo en ovinos y caprinos en el trópico seco del noreste de México. Editorial Académica Española.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (n.d.). Banco de indicadores. INEGI. Recuperado el 12 de febrero 2025, de <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=6204131179&tm=6>

- König, H., & Liebich, H. (2005). Órganos genitales femeninos (Organa genitalia feminina). En *Anatomía de los animales domésticos: Texto y atlas en color* (pp. 135-152). Editorial Médica Panamericana.
- Labra Llano, A. H. (2021). Efecto de tres dosis de gonadotropina coriónica equina (eCG), en la fertilidad y prolificidad de ovinos de la raza Corriedale, distrito de Checca-Cusco.
- Lozano-González, J. F., Uribe-Velásquez, L. F., & Osorio, J. H. (2012). Control hormonal de la reproducción en hembras ovinas (*Ovis aries*). *Veterinaria y Zootecnia*, 6(2), 1–19.
- Márquez Lizano, M. I., & Gonzales Escobar, E. C. (2015). Compendio de fisiopatología de la reproducción animal (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- Martemucci, G., & D'Alessandro, A. G. (2011). Induction/synchronization of oestrus and ovulation in dairy goats with different short-term treatments and fixed time intrauterine or exocervical insemination system. *Animal Reproduction Science*, 126(3–4), 187–194.
- 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. *Anim. Reprod. Sci.* 2015, 155, 28-35. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.01.010>
- Menchaca, A., & Rubianes, E. (2004). New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development*, 16(4), 403–413.
- Menchaca, A., Pinczak, A., & Rubianes, E. (2020). Follicular dynamics and endocrine profiles in anestrus ewes treated with prostaglandin and GnRH. *Theriogenology*, 68(9), 1441-1450. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.08.023>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s.f.). ¿Qué es la PPR? Recuperado el 12 de febrero del 2025, de <https://www.fao.org/ppr/antecedentes/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s.f.). Animales lecheros. Recuperado 12 de febrero del 2025 <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/dairy-animals/es>
- Ortiz-Rodríguez, J. M., Herrera-Muñoz, J., & López-Sebastián, A. (2021). Seasonal anestrus in sheep: underlying mechanisms and practical management strategies. *Animals*, 11(8), 2335. <https://doi.org/10.3390/ani11082335>

- Powell, M.R., Kaps, M., Lamberson, W.R., Keisler, D.H., 1996. Use of melengestrol acetate-based treatments to induce and synchronize estrus in seasonally anestrous ewes. *J. Anim. Sci.* 74, 2292–2302.
- Prieto-Gómez, B., & Velázquez-Paniagua, M. (2002). Fisiología de la reproducción: hormona liberadora de gonadotrofinas. *Rev Fac Med UNAM*, 45(6), 252-257.
- Ptaszynska, M., & Molina, J. (Eds.). (2007). *Compendio de Reproducción Animal* (9ª ed.). Intervet Internacional BV.
- Rosales Nieto, C. A., Ferguson, M. B., Macleay, C. A., Briegel, J. R., Martin, G. B., & Thompson, A. N. (2013). Selection for superior growth advances the onset of puberty and increases reproductive performance in ewe lambs. *Animal Production Science*, 53(6), 604–613. <https://doi.org/10.1071/AN12223>
- Sánchez-Ramos, R., Hernández-Marín, J. A., Ortiz-Salazar, J. A., Olmos-Oropeza, G., & Cortez-Romero, C. (2022). Gonadotropina coriónica equina (eCG) y gen GDF9 en el comportamiento reproductivo de ovejas raza Katahdin. *Revista MVZ Córdoba*,
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2024, 10 de agosto). Detrás de la ovinocultura: Una mirada a la crianza de ovejas en México. Gobierno de México. Recuperado el 12 de febrero del 2025, de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/detras-de-la-ovinocultura-una-mirada-a-la-crianza-de-ovejas-en-mexico>
- Swelum, A. A. A., Saadeldin, I. M., Moumen, A. F., Ali, M. A., & Alowaimer, A. N. (2018). Efficacy of controlled internal drug release (CIDR) treatment durations on the reproductive performance, hormone profiles, and economic profit of Awassi ewes. *Small Ruminant Research*, 166, 47-52.
- Ungerfeld, R., & Rubianes, E. (1999). Effectiveness of short-term progestogen primings for the induction of fertile oestrus with eCG in ewes during late seasonal anoestrus. *Animal Science*, 68(3), 349-353.
- Vázquez, J. F., González, A., & Lucero, F. A. (s.f.). El aparato genital en la oveja y la cabra.
- Viñoles, C., Meikle, A., & Forsberg, M. (2019). Short-term progestagen treatment in sheep: a review. *Animal Reproduction Science*, 210, 106183. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106183>
- Wildes, S. (1999). Current concepts in synchronization of estrus: Sheep and goats. *Journal of Animal Science*.