

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



**INDUCCIÓN Y SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO CON CIDR REUTILIZADO EN
CABRAS**

Por:

SKARLETH JOSELYN HUERTA CASTRO

TESIS

Presentada como requisito parcial para

obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

Diciembre de 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**INDUCCIÓN Y SINCRONIZACIÓN DEL ESTRO CON CIDR
REUTILIZADO EN CABRAS**

POR

SKARLETH JOSELYN HUERTA CASTRO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA



Dr. Alejandro García Salas

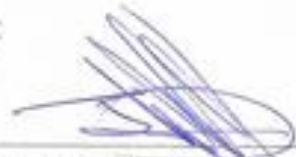
Director



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez

Asesor

Aprobada por:



Dr. Julio César Espinoza Hernández

Codirector



Dr. Francisco Alonso Rodríguez Huerta

Asesor



M.C. Pedro Carrillo López

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, diciembre del 2025

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor de esta tesis declara, bajo protesta de decir verdad, que todo el contenido presentado es original y que no incurrió en ninguna forma de plagio ni en conductas académicas inapropiadas. Esto incluye no reproducir fragmentos o textos sin citar adecuadamente la fuente, no utilizar material previamente publicado sin referenciarlo, ni presentar como propios datos, trabajos o tesis obtenidos por compra, préstamo o cualquier otro medio indebido. Asimismo, confirma que todas las citas textuales están correctamente señaladas y que cualquier material digital utilizado (como imágenes, gráficos, mapas, ilustraciones, videos o datos) cuenta con su respectiva referencia al autor original. El autor reconoce que cualquier uso indebido, reproducción, edición, modificación o lucro del material presentado puede ser sancionado por los titulares de los derechos o por las autoridades correspondientes.

Skarleth A.

Pasante

Skarleth Joselyn Huerta Castro



AGRADECIMIENTOS

Antes que todo quiero agradecer a mis padres **Alfredo Huerta Reyes** y **María de Lourdes Castro Saucedo** y mis hermanos **Isaac Fernando Huerta Castro** y **Fabian Alfredo Huerta Castro**, quienes continuamente me apoyaron y me brindaron todos sus ánimos durante este largo camino, que desde el inicio no ha sido nada fácil, pero me acompañaron en cada paso que di y en cada tropiezo que tuve. Aprecio infinitamente el acompañamiento durante todo este arduo proceso, que al final, representa la culminación de mi formación profesional.

A **Dios**, quien puso a mi disposición todos los elementos necesarios para seguir adelante con este proyecto y así poder lograr los resultados deseados.

A mi Alma Mater, la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, que me ofreció un lugar seguro y acogedor, pero sobre todo lleno de nuevas oportunidades y experiencias que me hicieron desarrollarme como profesionista dentro y fuera de las aulas.

A mi amiga **Azucena Granados Fuentes** que fue parte importante de esta etapa, y a quien agradezco profundamente todos sus consejos, bromas, charlas de motivación y ayuda en los momentos complicados. A mis compañeros de clase, que en cada momento de dudas o preguntas estaba presente su disposición y accesibilidad.

A mi asesor el **Dr. Alejandro García Salas**, por toda la confianza, el apoyo e interés puesto en este trabajo, le agradezco por el tiempo invertido y de igual manera, por todos aquellos conocimientos, datos y recomendaciones ofrecidas.

A la maestra **Myrna Julieta Ayala Ortega**, por su paciencia y seguimiento durante todo este trayecto, mostrando gratitud por proporcionarme las herramientas académicas que fueron vitales para mi desarrollo educativo.

A **Aldo Elian González Sandoval**, por ser un gran compañero en esta etapa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	5
III. OBJETIVOS	7
3.1. Objetivo general	7
3.2. Objetivos específicos	7
IV. HIPÓTESIS GENERAL	8
V. REVISIÓN DE LITERATURA	9
5.1. Características de la cabra	9
5.2. Fisiología reproductiva de la cabra	9
5.3. Anatomía del aparato reproductor de la hembra	10
5.3.1. Ovarios	11
5.3.2. Oviducto.....	11
5.3.3. Útero	12
5.3.4. Cérvix.....	12
5.3.5. Vagina	13
5.3.6. Vulva	13
5.3.7. Clítoris.....	13
5.4. Estacionalidad y fotoperiodo en cabras	14
5.5. El ciclo estral de la cabra	15
5.5.1. Fase folicular	16
5.5.1.1. Proestro	17
5.5.1.2. Estro	17
5.5.2. Fase lútea	18

5.5.2.1. Metaestro.....	18
5.5.2.2. Diestro	19
5.6. Hormonas que actúan en el ciclo estral	19
5.6.1. Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)	19
5.6.2. Hormona folículo estimulante (FSH)	20
5.6.3. Hormona luteinizante (LH).....	20
5.6.4. Prostaglandina F2 alfa (PGF _{2α}).....	21
5.6.5. Gonadotropina Coriónica Equina (eCG)	21
5.6.6. Estradiol.....	22
5.6.7. Análogos sintéticos de la progesterona (progestágenos)	22
5.7. Protocolos de sincronización a base de progesterona (P4) en cabras	23
5.7.1. Esponjas intravaginales con progestágenos.....	23
5.7.2. Tampones	24
5.7.3. Dispositivo de liberación interna controlada de progesterona (CIDR)...	24
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	26
6.1. Ubicación	26
6.2. Animales	26
6.3. Alimentación.....	26
6.4. Protocolos de sincronización con CIDR reutilizado.....	26
6.5. Detección de estros y monta natural.....	28
6.6. Diagnóstico de gestación	28
6.7. Variables evaluadas	28
6.8. Análisis estadístico.....	28
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
VIII. CONCLUSIÓN	34

IX. LITERATURA CITADA	35
-----------------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ligamentos presentes en el útero.....	11
Figura 2.- Influencia del fotoperiodo en la reproducción caprina.....	15
Figura 3.- Ciclo reproductivo de las cabras.....	16
Figura 4.- Dispositivo de liberación interna controlada de progesterona, CIDR	25
Figura 5.- Protocolo de sincronización. T1=Con CIDR reutilizado a seis días de inserción.....	27
Figura 6.- Protocolo de sincronización. T2=Con CIDR reutilizado a nueve días de inserción.....	27
Figura 7.- Curvas de supervivencia del hE en horas post-retiro del CIDR en cabras Toggenburg x Alpino sometidas a diferentes tratamientos de sincronización (T1=CIDR-Nuevo (-6 días) y T2=CIDR-Nuevo (-9 días)...	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables reproductivas evaluadas en cabras Toggenburg x Alpino, sometidas a diferentes tratamientos de sincronización del estro con CIDR reutilizado a 6 y 9 días de inserción.	30
--	----

I. RESUMEN

La inducción y sincronización del estro en cabras constituye una de las herramientas reproductivas más utilizadas actualmente, ya que permite programar los partos en periodos determinados, reactivar la actividad ovárica en cabras que presentan anestro, mejorar la calidad genética del rebaño y optimizar la mano de obra. Para la aplicación de este método, es fundamental considerar el uso de hormonas como progestágenos, prostaglandinas y gonadotropinas, las cuales desempeñan un papel esencial en la regulación y desarrollo de las funciones reproductivas de las hembras.

El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad del CIDR reutilizado por primera ocasión en combinación con 130 µg de PGF_{2a} y 150 UI de eCG, utilizando dos protocolos, uno corto (6 días) y uno largo (9 días) de inserción del CIDR, respectivamente.

Se utilizaron 20 cabras con un peso promedio de 42.52 ± 4.5 kg, con 3.4 ± 0.62 años de edad y una condición corporal de 2.5 ± 0.5 en escala 1-5 (1= flaca; 5= obesa, de acuerdo con Villaquiran et al. (2017), aptas fisiológica y reproductivamente. Adicionalmente, se utilizaron, dos sementales de la raza Toggenburg, los cuales se mantuvieron en corrales separados de las hembras. Estos animales no recibieron ninguna aplicación de vitaminas ni desparasitante.

Se evaluaron dos tratamientos (n= 10). T1= tratamiento corto (6 días), donde en el día cero, por la mañana, se colocó el dispositivo CIDR reutilizado (de una investigación anterior, donde se utilizó por el mismo periodo de tiempo) impregnado con 0.3 g de progesterona (P4), por un periodo de 6 días; T2= tratamiento largo (9 días), donde se colocó de igual manera el dispositivo CIDR, pero por un periodo de 9 días (proveniente de un primer uso por el mismo periodo de tiempo). Al momento de retiro del CIDR, se aplicó en los dos tratamientos una dosis de 130 µg vía intramuscular de cloprostenol (PGF_{2α}), más una dosis de 150 UI de eCG.

Una vez retirado el dispositivo intravaginal, las hembras fueron expuestas con los machos celadores, a los cuales se les colocó anticipadamente un mandil con el fin de evitar la cópula y efectuar la detección de estro. La duración de esta exposición fue de 30 minutos cada 4 horas; al momento de que la hembra presentara celo se le permitía una primera monta, pasadas 24 horas se permitía una segunda monta.

Los resultados obtenidos mostraron que el 100% de las cabras del T1 presentaron señales externas de estro, en comparación con el T2 (70%); sin embargo, no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas. En la variable horas a la presencia del estro luego de retirado el CIDR se encontraron diferencias significativas, con un mayor intervalo en T2 vs T1. Mientras que, en las variables evaluadas de tasa de gestación, tasa de parición y prolificidad solo se encontraron diferencias numéricas mayores en T1 vs T2.

PALABRAS CLAVE: Anestro, prostaglandina, gonadotropina, CIDR, cópula.

ABSTRACT

Estrus induction and synchronization in goats is one of the most widely used reproductive tools today, as it allows for scheduling births during specific periods, reactivating ovarian activity in anestrus goats, improving the herd's genetic quality, and optimizing labor. For the application of this method, it is essential to consider the use of hormones such as progestogens, prostaglandins, and gonadotropins, which play an essential role in regulating and developing the reproductive functions of females. The objective of this study was to evaluate the effectiveness of a CIDR reused for the first time in combination with 130 µg of PGF2α and 150 IU of eCG, using two protocols: a short (6-day) and a long (9-day) CIDR insertion, respectively. Twenty goats with an average weight of 42.52 ± 4.5 kg, 3.4 ± 0.62 years of age, and a body condition score of 2.5 ± 0.5 on a 1–5 scale (1 = thin; 5 = obese, according to Villaquiran et al. (2017)), were used; they were physiologically and reproductively sound. Additionally, two Toggenburg sires were used, which were kept in separate pens from the females. These animals did not receive any vitamin supplements or deworming treatment. Two treatments were evaluated (n = 10). T1 = short treatment (6 days), in which on day zero, in the morning, a reused CIDR device (from a previous study where it had been used for the same period) impregnated with 0.3 g of progesterone (P4) was inserted for 6 days; T2 = long treatment (9 days), in which the CIDR device was inserted in the same manner but for 9 days (having been used once before for the same duration). At the time of CIDR removal, both treatments received an intramuscular dose of 130 µg of cloprostenol (PGF2α) plus 150 IU of eCG. Once the intravaginal device was removed, the females were exposed to teaser males, which had been fitted with an apron in advance to prevent copulation and facilitate estrus detection. The exposure lasted 30 minutes every four hours; when a female exhibited estrus, she was allowed a first mating, and 24 hours later a second mating.

The results obtained showed that 100% of the goats in T1 exhibited external signs of estrus, compared to 70% in T2; however, no statistically significant differences were observed. In the variable “hours to estrus onset after CIDR removal,” significant differences were found, with a longer interval in T2 compared to T1. Meanwhile, in the evaluated variables of gestation rate, parturition rate, and prolificacy, only numerical differences were observed between T1 and T2.

KEY WORDS: Anestrus, prostaglandin, gonadotropin, CIDR, copulation.

II. INTRODUCCIÓN

Los caprinos fueron introducidos a México por los colonizadores españoles hace más de 400 años. Este tipo de ganado logró adaptarse con éxito a gran parte del territorio nacional, consolidándose rápidamente como una actividad productiva de relevancia. En la actualidad, se cría una amplia variedad de razas con fines diversos, entre los que destacan la producción de carne, leche, piel y, en algunos casos, con un doble propósito (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015).

Sin embargo, uno de los principales desafíos en la producción de pequeños rumiantes es alcanzar una adecuada eficiencia biológica acompañada de una rentabilidad económica sostenible. En respuesta a ello, se han desarrollado diversas herramientas biotecnológicas que contribuyen a mejorar la eficiencia reproductiva de las cabras y la productividad de los rebaños, tales como la sincronización del estro, la inseminación artificial y la transferencia de embriones.

La sincronización de estros ofrece múltiples beneficios dentro de la producción caprina. Esta técnica permite programar los nacimientos de manera controlada, inducir el celo en cabras que se encuentran en anestro y optimizar el uso de los recursos disponibles, al facilitar una mejor planificación y distribución de los elementos involucrados en el proceso reproductivo. Asimismo, contribuye al bienestar animal, ya que posibilita un manejo más ordenado del rebaño y una reducción del estrés tanto en los animales como en el personal encargado de las labores. Además, favorece la planificación de la producción de acuerdo con las demandas del mercado, incrementando así la eficiencia global del sistema productivo (Utrilla et al., 2024).

Esta es una técnica utilizada en caprinos por medio de esponjas intravaginales que se encuentran impregnadas con progesterona, estos se basan fundamentalmente en la administración de progesterona o progestágenos exógenos durante un periodo de tiempo prolongado (Mundo Ganadero, 2001).

La opción que se utilizó en el presente estudio fue la del uso del dispositivo intravaginal CIDR, cuyo instrumento posee una concentración de 300 mg de progesterona (P4). Estos artefactos se desarrollaron con el fin de ser utilizados durante un periodo de 12-14 días, por lo que su utilización durante 5-7 días posibilita su posterior reuso.

El objetivo de este experimento fue el de reutilizar el dispositivo CIDR en dos protocolos de sincronización, uno corto (6 días) y uno largo (9 días), ambos con una dosis de prostaglandina (Pgf_{2a}), en combinación de una dosis de gonadotropina coriónica equina (eCG), evaluando las variables: signos de estro, horas a la presencia de estro, tasa de gestación, tasa de parición y prolificidad, para así, elegir al final el mejor tratamiento.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la efectividad del dispositivo CIDR reutilizado por primera vez, mediante la comparación de dos protocolos hormonales, uno de corta duración (seis días) y otro de larga duración (nueve días), para evaluar su impacto en la sincronización e inducción del estro en cabras.

3.2. Objetivos específicos

1. Evaluar la duración del periodo comprendido entre el retiro del dispositivo y la manifestación del estro (hE).
2. Estimar el porcentaje de hembras que lograron quedar gestantes.
3. Calcular la incidencia de pariciones obtenidas.
4. Determinar el porcentaje de prolificidad.

IV. HIPÓTESIS GENERAL

El uso de un dispositivo CIDR reutilizado por primera vez, aplicado mediante protocolos hormonales de seis y nueve días, presentarán efectos similares sobre la sincronización e inducción del estro, gestación, parición y prolificidad en cabras.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Características de la cabra

La cabra (*Capra hircus*) es un mamífero vertebrado perteneciente al orden *Artiodactyla*, suborden *Ruminantia*, familia *Bovidae* y subfamilia *Caprinae*. Este animal fue uno de los primeros en ser domesticado por el ser humano y se considera de gran importancia económica y social debido a su notable capacidad de adaptación a diversos tipos de climas, terrenos y fuentes alimenticias.

Actualmente, la población mundial de cabras se estima en aproximadamente 460 millones de cabezas, concentrándose la mayor parte en el continente africano. La cría de caprinos se considera una actividad de tipo multipropósito, ya que estos animales aportan carne, leche, pieles, pelo y estiércol, este último utilizado como un valioso abono orgánico en los sistemas agrícolas (Jorge A. & Miriam R., 2024).

5.2. Fisiología reproductiva de la cabra

El potencial reproductivo de la hembra se manifiesta durante un periodo determinado de su vida, iniciando con la pubertad y la madurez sexual, y concluyendo mucho antes del final de sus funciones vitales. El sistema endocrino, responsable de regular las funciones sexuales y reproductivas, permanece activo a lo largo de toda la vida de la hembra, incluso desde el periodo fetal, desempeñando un papel fundamental en la coordinación de los procesos fisiológicos asociados a la reproducción.

La fisiología reproductiva de la cabra está determinada por la interacción de factores exógenos (alimentación, el clima y el fotoperiodo) y factores endógenos, entre los que destacan la gestación, la lactancia y la condición corporal. Estos elementos pueden estimular o inhibir la acción del sistema endocrino, influyendo directamente en la producción de gametos funcionales y en la capacidad de gestación de las hembras (López et al., 1993).

5.3. Anatomía del aparato reproductor de la hembra

El aparato reproductor de la cabra está conformado por los genitales internos (ovarios, oviducto, útero, cérvix, vagina y vestíbulo) y los genitales externos (labios bulbares y clítoris).

Este sistema cuenta con diversos elementos de fijación que aseguran su estabilidad dentro de la cavidad pélvica:

- Ligamento ancho: sostiene los ovarios (*mesovario*), los oviductos (*mesosápinx*) y el útero (*mesometrio*).
- Ligamento intercornual: se localiza entre el ángulo formado por los dos cuernos uterinos y evita una separación excesiva de estos durante la gestación.
- Ligamento propio del ovario: une el ovario con el cuerno uterino correspondiente.
- Ligamento redondo del útero: constituye una prolongación del ligamento ancho y fija el tracto reproductor hacia el canal inguinal.
- Ligamento suspensorio del ovario: se extiende desde el ovario hasta el borde medial de la última costilla, donde se fija (Echevarría et al., 2021).

El aparato reproductor de la hembra caprina cumple funciones fundamentales, como la producción de gametos femeninos (óvulos), el transporte de gametos, el desarrollo y mantenimiento del embrión durante la gestación, así como la producción y secreción de hormonas sexuales que regulan los procesos reproductivos (López & Martín, 2015).

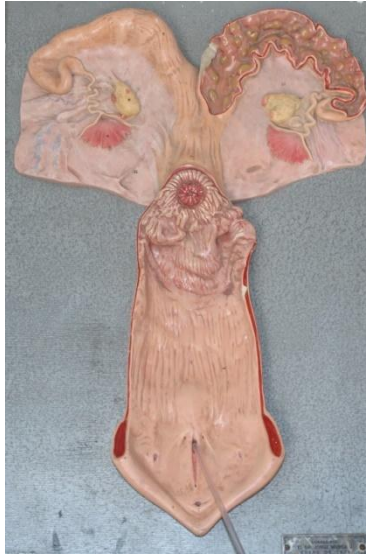


Figura 1.- Ligamentos presentes en el útero (Echevarría et al., 2021).

5.3.1. Ovarios

Los ovarios son las gónadas femeninas y constituyen los órganos primarios del aparato reproductor de la cabra. Tienen forma ovalada y su tamaño varía según la edad, el estado fisiológico y el ciclo estral del animal. Están ubicados en la cavidad pélvica, caudalmente a los riñones, y sostenidos por el mesovario, que forma parte del ligamento ancho. Su principal función es la producción de gametos femeninos (óvulos) y la secreción de hormonas esteroideas, principalmente estrógenos y progesterona, las cuales regulan el ciclo estral y preparan el aparato reproductor para la ovulación, fecundación y gestación (Echevarría et al., 2021).

5.3.2. Oviducto

El oviducto, también conocido como trompa uterina, es un conducto que conecta los ovarios con los cuernos uterinos. En su extremo próximo al ovario presenta una dilatación denominada infundíbulo, cuya función es captar el ovocito liberado durante la ovulación y conducirlo hacia el interior del conducto. A continuación, se encuentra la ampolla o ámpula, una porción más ancha donde ocurre generalmente la fecundación del ovocito por el espermatozoide. Finalmente, el oviducto se estrecha hasta formar el istmo, segmento que conecta con los cuernos uterinos y

por el cual el ovocito fecundado (ya convertido en cigoto) es transportado hacia el útero para su posterior desarrollo embrionario (Echevarría et al., 2021).

5.3.3. Útero

El útero es el órgano que conecta el oviducto con la vagina y está conformado por dos cuernos uterinos y un cuerpo central común (Echevarría et al., 2021). Su pared está constituida por tres capas principales: el perimetrio o capa serosa externa, el miometrio o capa muscular intermedia, y el endometrio o mucosa interna (López & Martín, 2015).

Entre las funciones más importantes del útero en las cabras se encuentran el transporte de los espermatozoides desde el momento de la eyaculación hasta el sitio de fecundación del ovocito, la regulación del cuerpo lúteo, y la preparación del ambiente uterino para la implantación del embrión. Además, el útero participa activamente en el mantenimiento de la gestación y en la expulsión del feto y las membranas fetales durante el parto (García, 2018).

5.3.4. Cérvix

El cérvix, también conocido como cuello uterino, es la estructura que separa el útero del medio externo. Está formado por una pared gruesa compuesta de tejido muscular liso, tejido conjuntivo denso y glándulas cervicales encargadas de secretar moco hacia el interior del canal cervical.

La función principal del cérvix es la producción y secreción de moco cervical, el cual cumple un papel importante en varios procesos reproductivos. Durante el celo, este moco se vuelve más fluido, facilitando el ascenso de los espermatozoides hacia el útero y contribuyendo a la lubricación vaginal durante el coito. En otras fases del ciclo estral, el moco adquiere una consistencia más espesa, actuando como una barrera protectora que impide la entrada de microorganismos y ayuda a mantener un ambiente uterino estéril (Echevarría et al., 2021).

5.3.5. Vagina

La vagina es un órgano tubular de paredes gruesas que se extiende desde el cérvix hasta la vulva. Se divide en dos porciones: una anterior, que constituye el sitio donde el macho deposita el semen durante la cópula, y una posterior, que comunica el aparato reproductor femenino con el medio externo a través de la vulva. Además de servir como canal copulatorio, la vagina cumple una función esencial durante el parto, al actuar como vía de salida para el feto y las membranas fetales. Su revestimiento interno está formado por una mucosa resistente que protege frente a agentes externos y contribuye al mantenimiento de un ambiente adecuado para la reproducción (Echevarría et al., 2021).

5.3.6. Vulva

La vulva constituye la abertura externa que comunica el aparato reproductor de la hembra con el medio exterior. Está formada por dos labios que delimitan la hendidura vulvar y representan la porción más externa de los genitales femeninos de la cabra (Rivero et al., 2020).

Cumple tres funciones principales: permitir la eliminación de la orina, facilitar la cópula durante la reproducción y actuar como parte del canal de parto durante la expulsión del feto. A medida que la cabra se aproxima al celo o al momento del parto, la vulva experimenta aumento de volumen y adquiere una coloración rojiza y aspecto húmedo, cambios fisiológicos asociados a la mayor irrigación sanguínea y actividad hormonal en la región perineal (Tejada, 2019).

5.3.7. Clítoris

Es un órgano eréctil y muy sensible (García, 2018).

Está situado a 1 cm dentro del labio, en la comisura ventral de la vulva, suele estar oculto en la fosa clitoriana del vestíbulo vaginal (Francisco & Cruz, 2020).

Este órgano cumple una función importante en la estimulación sexual durante la cópula, contribuyendo a la respuesta reproductiva de la hembra.

5.4. Estacionalidad y fotoperiodo en cabras

Las cabras se clasifican como animales poliéstricos estacionales, lo que significa que su actividad reproductiva se concentra en determinadas épocas del año (Rangel et al., 2009). En estos periodos, las hembras presentan ciclos estrales regulares, mientras que fuera de ellos entran en anestro, es decir, una fase de inactividad ovárica.

El inicio y la duración de la temporada reproductiva están influenciados por diversos factores, entre los que destacan la ubicación geográfica (especialmente la latitud y el clima), la raza, la estructura social del rebaño y el fotoperiodo, entendido como la duración relativa del día y la noche (Stewart, 2021). Estos elementos determinan las condiciones fisiológicas y ambientales que estimulan o inhiben la función reproductiva en las cabras.

La actividad sexual de las cabras se incrementa cuando la duración de las horas de luz disminuye, es decir, durante las estaciones de otoño e invierno. A lo largo de este periodo reproductivo, las hembras presentan ciclos estrales regulares con intervalos aproximados de 21 ± 3 días, los cuales únicamente se interrumpen por la gestación o por la presencia de anestro (Rangel et al., 2009).

La disminución del fotoperiodo estimula la secreción de melatonina por parte de la glándula pineal, hormona que actúa sobre el hipotálamo promoviendo la liberación pulsátil de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) (Stewart, 2021). Este proceso desencadena el inicio de la actividad hormonal que regula el ciclo estral. Por el contrario, cuando las horas de luz aumentan, la producción de melatonina y GnRH disminuye, ocasionando ciclos estrales irregulares o ausentes, periodo durante el cual la hembra no manifiesta signos de receptividad sexual y entra en anestro (Edwards, 2020).

Esta estrategia reproductiva implica restringir que la temporada de pariciones tenga lugar en estaciones del año donde la alimentación y condiciones climáticas sean las más favorables para la supervivencia de las crías (García, 2018).

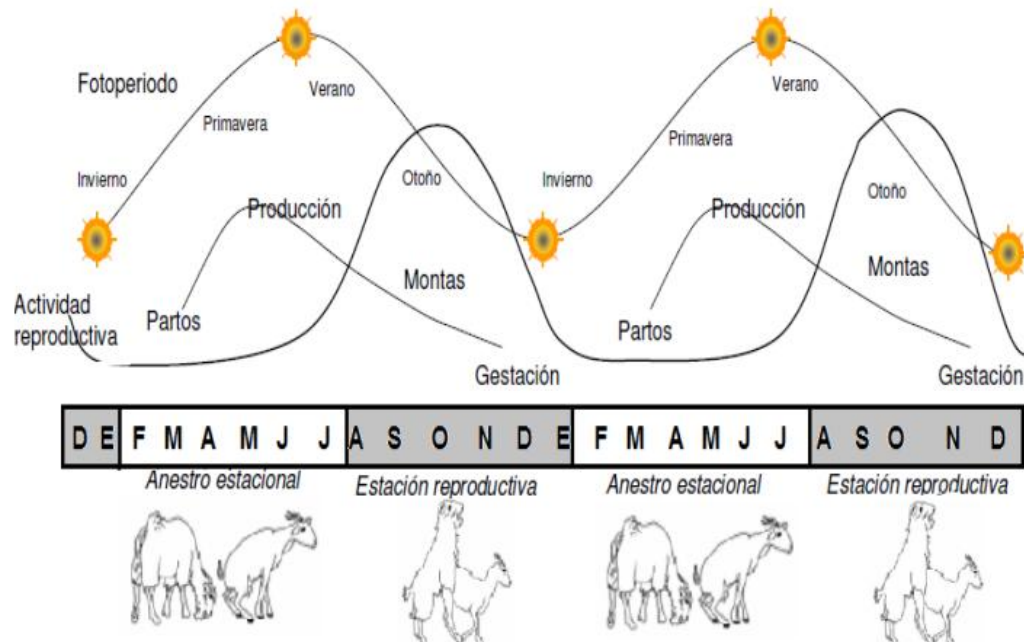


Figura 2.- Influencia del fotoperiodo en la reproducción caprina (Álvarez, A. 2017).

5.5. El ciclo estral de la cabra

El ciclo estral de la cabra se define como el intervalo comprendido entre dos celos consecutivos, durante el cual ocurren cambios hormonales, anatómicos y de comportamiento que preparan al organismo para la reproducción (Delgadillo, 2021). Este ciclo tiene una duración promedio de 21 días, aunque puede variar según la raza, el estado fisiológico y las condiciones ambientales (Stewart, 2021). Al inicio y al final de la temporada reproductiva, los ciclos suelen ser más irregulares, con duraciones que oscilan entre 17 y 25 días.

El ciclo estral se divide en dos fases principales:

- La fase folicular, que incluye el proestro y el estro, caracterizada por el crecimiento folicular y la manifestación del celo.
- La fase luteal, que comprende el metaestro y el diestro, durante la cual se desarrolla y mantiene el cuerpo lúteo encargado de la secreción de progesterona (Bustamante, 2022).

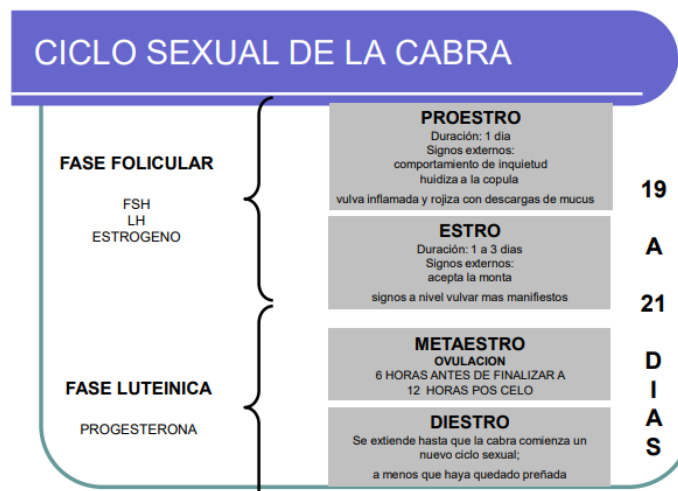


Figura 3.- Ciclo reproductivo de las cabras (Agredo, J. 2018).

5.5.1. Fase folicular

La fase folicular abarca un periodo relativamente corto, de aproximadamente 5 a 6 días, y se subdivide en dos etapas: proestro y estro. Durante esta fase, la hormona dominante es el estradiol, la cual se encarga de preparar el aparato reproductor para la ovulación. El proceso se inicia con la regresión del cuerpo lúteo de la fase anterior y culmina con la ovulación (Francisco & Cruz, 2020).

En esta etapa, se recluta un grupo de folículos antrales dependientes de gonadotropinas, los cuales presentan un tamaño inicial de 2 a 3 mm de diámetro. Estos folículos inician un crecimiento terminal, aunque solo algunos alcanzan un diámetro de 4 mm y son seleccionados para continuar su desarrollo en la denominada fase de dominancia folicular. Bajo la influencia de la hormona luteinizante (LH), los folículos ovulatorios avanzan hasta la fase preovulatoria, alcanzando tamaños de 6 a 9 mm de diámetro, mientras que los restantes sufren atresia folicular (Fatet et al., 2011).

Los folículos seleccionados secretan estradiol, hormona que induce el comportamiento receptivo de la hembra y promueve los cambios fisiológicos necesarios para la cópula y la ovulación.

5.5.1.1. Proestro

El proestro es la etapa que marca el inicio del ciclo estral. En la cabra, tiene una duración aproximada de 30 a 60 horas, periodo durante el cual ocurre el crecimiento y la maduración de los folículos ováricos (García, 2018). Durante esta fase, se observa un aumento progresivo en los niveles de estrógenos, lo que prepara al aparato reproductor para la ovulación. De manera simultánea, se produce la liberación de prostaglandina $F_{2\alpha}$, hormona responsable de la luteólisis, es decir, la regresión del cuerpo lúteo remanente de la fase anterior (Francisco & Cruz, 2020).

Fisiológicamente, las cabras manifiestan intranquilidad y mayor receptividad hacia el macho, respondiendo con interés ante los intentos de monta. Entre los signos externos más evidentes se incluyen la edematización y enrojecimiento de la vulva, así como la presencia de flujo mucoso transparente, indicadores del incremento hormonal característico de esta etapa (García, 2018).

5.5.1.2. Estro

El estro se presenta inmediatamente después del proestro y corresponde al periodo en el que la hembra muestra receptividad sexual hacia el macho. Su duración promedio es de 36 horas, aunque puede variar entre 24 y 48 horas, dependiendo de factores como la raza, edad, estación del año y la presencia de un macho entero. Durante esta fase ocurre la ovulación, generalmente entre 24 y 36 horas después del inicio del estro, momento en el cual el ovocito es liberado y desplazado por el oviducto hasta llegar a la región ístmico-ampular, donde se lleva a cabo la fecundación, proceso que suele completarse en aproximadamente 18 horas (García, 2018).

A nivel endocrino, la hormona estradiol es la predominante en esta etapa, siendo la principal responsable de los cambios fisiológicos y de comportamiento observados en la hembra, que inducen la receptividad sexual y facilitan el apareamiento (Francisco & Cruz, 2020).

La detección del celo se basa en la observación de diversas manifestaciones conductuales y físicas, tales como balidos frecuentes, movimientos continuos de la cola, enrojecimiento de la vulva, secreción mucosa vaginal y comportamiento de “montado” entre hembras (Stewart, 2021). En el caso de las cabrillas, el celo suele ser menos evidente y de menor duración (De la Rosa, 2011).

5.5.2. Fase lútea

La fase lútea, a diferencia de la folicular, comprende un periodo de mayor duración, con un promedio de 16 a 17 días dentro del ciclo estral (García, 2018). Esta etapa se divide en dos fases: metaestro y diestro (Francisco & Cruz, 2020).

La fase lútea inicia posterior a la ovulación, cuando el folículo ovárico que liberó el ovocito sufre un proceso de luteinización, transformándose en cuerpo lúteo (CL). Este cuerpo lúteo se encarga de la producción y secreción de progesterona, hormona predominante durante esta fase, cuya función principal es mantener el ambiente uterino adecuado para una posible gestación y suprimir la secreción de GnRH y LH, evitando el desarrollo de nuevos folículos.

No obstante, la FSH continúa produciéndose de manera pulsátil y regular, lo que permite la renovación de las ondas foliculares que participarán en el siguiente ciclo estral.

5.5.2.1. Metaestro

El metaestro tiene una duración aproximada de dos días y representa un periodo de transición entre la predominancia estrogénica de la fase anterior y el aumento progresivo de las concentraciones de progesterona. Durante esta etapa, los restos del folículo ovulado comienzan a organizarse y vascularizarse, formando inicialmente un cuerpo hemorrágico (García, 2018). Posteriormente, este tejido se transforma en una glándula endocrina funcional denominada cuerpo lúteo, cuya función principal es la síntesis y secreción de progesterona, hormona esencial para

el establecimiento y mantenimiento de la gestación (Francisco & Cruz, 2020; Rangel et al., 2009).

5.5.2.2. Diestro

El diestro constituye la fase más prolongada del ciclo estral y se caracteriza por la máxima actividad funcional del cuerpo lúteo, así como por la elevada secreción de progesterona, hormona sintetizada por dicha estructura (Francisco & Cruz, 2020).

Si ocurre la gestación, esta fase se prolonga durante todo el periodo de preñez, observándose cambios estructurales en el útero que favorecen la implantación del embrión y la producción de secreciones uterinas densas, comúnmente denominadas “leche uterina”, las cuales nutren al embrión en las etapas iniciales del desarrollo.

Por el contrario, si no hay fecundación, el óvulo no fertilizado es expulsado junto con los líquidos uterinos, y el cuerpo lúteo degenera mediante un proceso denominado luteólisis, lo que provoca una disminución en los niveles de progesterona y permite el reinicio del crecimiento folicular y, con ello, el comienzo de un nuevo ciclo estral (García, 2018; Francisco & Cruz, 2020).

5.6. Hormonas que actúan en el ciclo estral

5.6.1. Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH)

La hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) es un decapeptido hipotalámico que actúa como regulador primario de la secreción de gonadotropinas hipofisarias, desempeñando un papel esencial en el control de las funciones fisiológicas reproductivas de las cabras. La GnRH es sintetizada en el hipotálamo y actúa sobre la hipófisis anterior, estimulando la liberación de la hormona luteinizante (LH) y la hormona foliculoestimulante (FSH), ambas indispensables para la maduración folicular, la ovulación y la función luteal (Hassanein et al., 2024).

Por su parte, las gonadotropinas, que incluyen la LH y la FSH, ejercen su acción directamente sobre las gónadas, tanto masculinas como femeninas. En el caso de

las hembras, estas hormonas se utilizan con frecuencia en la inducción y sincronización de la ovulación, siendo herramientas fundamentales en los protocolos de reproducción asistida (Pascual, 2016).

5.6.2. Hormona folículo estimulante (FSH)

La hormona foliculoestimulante es una glicoproteína secretada de manera pulsátil por la hipófisis anterior a lo largo del ciclo estral (Francisco & Cruz, 2020). Su vida media es de aproximadamente 2.5 horas. Esta hormona desempeña un papel fundamental en la regulación del desarrollo, crecimiento y maduración de los folículos ováricos, así como en los procesos reproductivos y de madurez sexual de la hembra.

La FSH y la LH actúan de forma sinérgica en la regulación de la función ovárica. La principal función de la FSH es estimular el desarrollo y crecimiento folicular periódico en el ovario, promoviendo la producción y maduración de los ovocitos (De la Rosa, 2011). Asimismo, la FSH participa en la dinámica de las ondas de crecimiento folicular durante el ciclo estral, ya que sus concentraciones aumentan al inicio de cada onda y disminuyen cuando se selecciona el folículo dominante (Pascual, 2016).

5.6.3. Hormona luteinizante (LH)

La hormona luteinizante (LH) es una glicoproteína con características químicas y tamaño molecular similares a los de la FSH, aunque presenta una vida media más corta, de aproximadamente 30 minutos. Su liberación por la hipófisis anterior está regulada por la secreción pulsátil de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) proveniente del hipotálamo (Pascual, 2016).

En cuanto a su mecanismo de acción, la LH interviene en la fase final del desarrollo folicular, provocando la ruptura del folículo maduro y, por tanto, la ovulación (De la Rosa, 2011). Posteriormente, estimula la luteinización de las células foliculares, dando origen al cuerpo lúteo, estructura encargada de la síntesis y secreción de

progesterona, hormona indispensable para el establecimiento y mantenimiento de la gestación.

En caso de que no ocurra fecundación, el cuerpo lúteo degenera progresivamente, cesando la producción de progesterona y permitiendo el inicio de un nuevo ciclo estral (Francisco & Cruz, 2020).

5.6.4. Prostaglandina F2 alfa (PGF_{2α})

Las prostaglandinas son compuestos lipídicos derivados de ácidos grasos insaturados de 20 carbonos, pertenecientes al grupo de los eicosanoides. En la hembra, el útero constituye la principal fuente de síntesis de estas sustancias, aunque también pueden producirse en otros tejidos como los ovarios, pulmones y riñones.

En el ámbito reproductivo, las prostaglandinas desempeñan funciones esenciales. Cuando no ocurre la fecundación, el útero libera prostaglandina (PGF_{2α}), la cual llega al ovario a través del sistema circulatorio y provoca la luteólisis, es decir, la regresión del cuerpo lúteo. En cambio, si se produce la fecundación y la implantación embrionaria, este efecto luteolítico no ocurre, permitiendo el mantenimiento de la gestación.

Al final de la gestación, el aumento de los estrógenos placentarios estimula la síntesis de PGF_{2α} en el endometrio. Estas prostaglandinas inducen la luteólisis y promueven el incremento de las contracciones miométricas, facilitando así el parto (Caravaca, 2003).

5.6.5. Gonadotropina Coriónica Equina (eCG)

La gonadotropina coriónica equina (eCG) es una glicoproteína con una vida media aproximada de 26 horas, presente en el suero sanguíneo de la yegua preñada entre los días 40 y 85 de gestación (Pascual, 2016).

Esta hormona presenta actividad dual, actuando con propiedades similares a una combinación de la FSH y la LH. Su acción estimula el crecimiento y la maduración folicular, además de inducir fenómenos de superovulación en las hembras tratadas, razón por la cual es ampliamente utilizada en protocolos de sincronización e inducción de la ovulación en caprinos y otras especies domésticas (Caravaca, 2003).

5.6.6. Estradiol

El estradiol es una hormona esteroidea producida en el ovario, específicamente por el folículo dominante en desarrollo. Una vez liberado al torrente sanguíneo, actúa a nivel del eje hipotálamo-hipófisis, inhibiendo la liberación de FSH desde la hipófisis anterior, lo que permite establecer la dominancia folicular y la regresión de los folículos subordinados.

Durante la fase folicular, cuando los niveles de progesterona son bajos, el estradiol estimula la liberación pulsátil de LH, promoviendo el crecimiento terminal del folículo dominante, el pico preovulatorio de LH y, en consecuencia, la ovulación (Ungerfeld, 2020).

Además, el estradiol induce modificaciones fisiológicas en el tracto reproductor femenino que favorecen el transporte espermático, la fertilización y la implantación embrionaria, mediante el aumento de la secreción cervical y uterina y la estimulación del comportamiento estral (Franco & Uribe, 2012).

5.6.7. Análogos sintéticos de la progesterona (progestágenos)

Los análogos sintéticos de la progesterona, también conocidos como progestágenos (PG), son compuestos farmacológicos empleados de manera habitual para controlar y sincronizar el ciclo reproductivo en animales domésticos.

En rumiantes pequeños, como las cabras, esta técnica se aplica principalmente mediante esponjas intravaginales impregnadas con progestágenos, tales como acetato de fluorogestona (FGA) o acetato de medroxiprogesterona (MAP), así como

con el uso de dispositivos intravaginales liberadores de progesterona (CIDR). Con frecuencia, estos tratamientos se combinan con la aplicación de prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) y/o gonadotropina coriónica equina (eCG), ya sea de manera individual o asociada.

Los resultados obtenidos con estos protocolos pueden variar en función de múltiples factores, entre ellos: el estado fisiológico y reproductivo de la hembra, las condiciones ambientales, el período posparto, el número de lactancias, el tamaño de la camada, la duración del tratamiento y el método farmacológico empleado.

El principio fisiológico del uso de progestágenos se basa en simular la acción de la progesterona natural producida por el cuerpo lúteo tras la ovulación, la cual inhibe la secreción de GnRH y, en consecuencia, la liberación de LH y FSH. De esta manera, se logra regular la fase luteal, controlando el momento de la ovulación y la sincronización del estro.

Cabe destacar que los progestágenos presentan una actividad biológica considerablemente más potente que la progesterona natural, lo que permite su uso en menor dosis (Shelton, 1965).

5.7. Protocolos de sincronización a base de progesterona (P4) en cabras

5.7.1. Esponjas intravaginales con progestágenos

Las esponjas intravaginales son dispositivos elaborados a partir de espuma de poliuretano de alta densidad, impregnadas con progestágenos, generalmente 30, 40 o 45 mg de acetato de fluorogestona (FGA) o 60 mg de acetato de medroxiprogesterona (MAP). Estos dispositivos se insertan en el fondo de la vagina, en contacto con el cérvix, donde liberan de forma lenta y continua progesterona, simulando la actividad endocrina del cuerpo lúteo.

Para lograr una respuesta reproductiva óptima, el tratamiento con esponjas debe complementarse con la administración de gonadotropina coriónica equina (eCG) al momento del retiro del dispositivo, o bien con la aplicación del efecto macho. En cabras que se encuentran en ciclo, los protocolos de corta duración requieren

además la aplicación de prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) para garantizar la luteólisis completa, y una dosis de eCG al retiro del dispositivo para sincronizar la ovulación y/o incrementar la tasa ovulatoria (Manes & Ungerfeld, 2015).

5.7.2. Tampones

La utilización de tampones intravaginales impregnados con progesterona en cabras tiene como objetivo principal sincronizar el estro y la ovulación, facilitando así una mejor planificación de los programas reproductivos y de inseminación artificial.

Estos dispositivos se elaboran a partir de materiales absorbentes, como algodón o viscosa, los cuales se impregnan con una dosis controlada de progesterona natural o sintética. Una vez colocados en la vagina, los tampones mantienen niveles plasmáticos elevados de progesterona, simulando la actividad del cuerpo lúteo funcional. Este efecto hormonal inhibe la liberación de GnRH y, en consecuencia, reduce la secreción de FSH y LH, evitando el desarrollo folicular y la ovulación durante el tratamiento.

Al retirar el tampón, los niveles de progesterona disminuyen bruscamente, lo que reactiva el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas y provoca un pico preovulatorio de LH, desencadenando la ovulación de manera sincronizada entre las hembras tratadas (Vargas, 2022).

5.7.3. Dispositivo de liberación interna controlada de progesterona (CIDR)

El CIDR es un dispositivo intravaginal con forma de "T", elaborado a base de nailon y plástico, recubierto por una capa de silicona impregnada con aproximadamente 0.3 g de progesterona (P4). Este sistema está diseñado para liberar progesterona de manera controlada por difusión, la cual es absorbida a través de la mucosa vaginal hacia el torrente sanguíneo tras su colocación.

Una vez insertado, el CIDR eleva rápidamente los niveles plasmáticos de progesterona, simulando la fase lútea del ciclo estral. De igual forma, al momento de su retiro, las concentraciones hormonales disminuyen bruscamente, lo que

permite un control preciso y predecible de la concentración circulante de progesterona.

La función principal del CIDR es inducir y sincronizar el estro en cabras tanto durante el periodo de anestro estacional como dentro de la época reproductiva activa. Generalmente, este tratamiento se complementa con la administración de gonadotropina coriónica equina (eCG) al momento de la extracción, con el fin de estimular el crecimiento folicular, inducir la ovulación y aumentar la prolificidad.

Cuando el dispositivo se utiliza en protocolos cortos (de aproximadamente 6 días), es necesario aplicar una dosis luteolítica de prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) al momento del retiro del CIDR, con el objetivo de asegurar la regresión del cuerpo lúteo remanente y eliminar la fuente endógena de progesterona, optimizando así la respuesta al estro.

Posterior a la extracción del CIDR, se observa una rápida caída en la concentración sistémica de progesterona, lo que provoca la manifestación del celo en un intervalo de 24 a 48 horas (Campbell et al., 2022).



Figura 4.- Dispositivo de liberación interna controlada de progesterona, CIDR (Zoetis).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Ubicación

El estudio se realizó del 12 al 30 de junio de 2024 en el ejido Cuauhtémoc, municipio de Saltillo, Coahuila, México. Esta localidad se encuentra ubicada a una latitud de 25°16'03.77" N y una longitud de 100°57'57.79" O, a una altitud de 2,245 metros sobre el nivel del mar.

6.2. Animales

En el desarrollo del estudio se utilizaron 20 cabras con cruces de las razas Toggenburg x Alpino, con un peso de 42.52 ± 4.5 kg, edad de 3.4 ± 0.62 años y condición corporal 2.5 ± 0.5 en escala 1-5, (1 = flaco; 5 = obeso, de acuerdo con Villaquiran et al. (2017), aptas fisiológica y reproductivamente). No se les realizó ninguna aplicación de vitaminas ni desparasitante. Se utilizaron dos sementales adultos de la raza Toggenburg, los cuales se mantuvieron en corrales separados.

6.3. Alimentación

Las cabras pastorearon diariamente en un monte de pino y encino, durante 7-8 h d⁻¹, y se les ofreció una ración extra de heno de avena. Por las tardes se mantuvieron alojadas en corrales con sombra, comederos y bebederos. Se les proporcionó agua limpia "*ad libitum*" todo el tiempo. Los sementales estuvieron alojados en los corrales todo el tiempo, su alimentación fue a base de heno de avena, además de una ración de 300 g animal⁻¹ d⁻¹ de complemento, a base de maíz. Se les proporcionó agua limpia "*ad libitum*" todo el tiempo.

6.4. Protocolos de sincronización con CIDR reutilizado

Se evaluaron dos tratamientos, utilizando diez cabras por grupo experimental (n = 10), las cuales se asignaron al azar en cuatro grupos, dando un total de 20 cabras. La sincronización del estro fue mediante la inserción de un dispositivo intravaginal

reutilizados de una investigación anterior donde se repitió el mismo protocolo, los CIDR al ser retirados del protocolo previo solo se lavaron con agua purificada y secados con toallas (Sanitas®) para inmediatamente ser utilizados en el presente estudio, el cual tuvo los mismos días de inserción (seis y nueve) (día cero, por la mañana, CIDR ® , Pfizer, Hamilton, Nueva Zelanda), impregnado con 0.3 g de progesterona P4, por un periodo de 6 y 9 días para Tratamiento (T) 1 y 2. Al momento de retirar el CIDR, se les aplicó una dosis de 130 µg vía intramuscular de cloprostenol (SINCROPLEX*, Animal Care Products S.A. de C.V.), más una dosis de 150 UI de eCG (Vetegon, Calier, México); esto fue para los dos tratamientos.

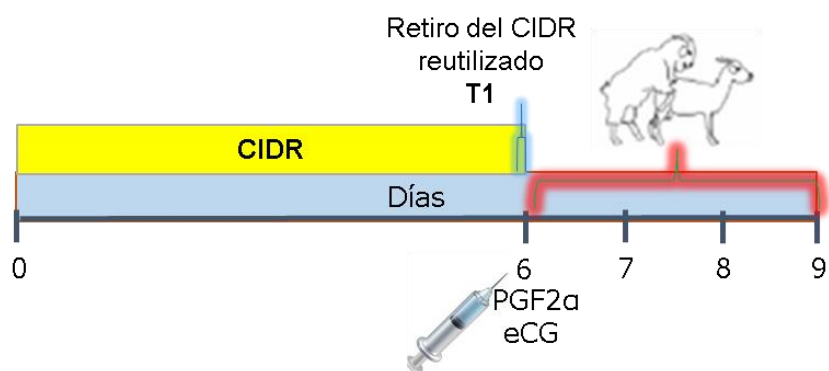


Figura 5.- Protocolo de sincronización. T1=Con CIDR reutilizado a seis días de inserción.

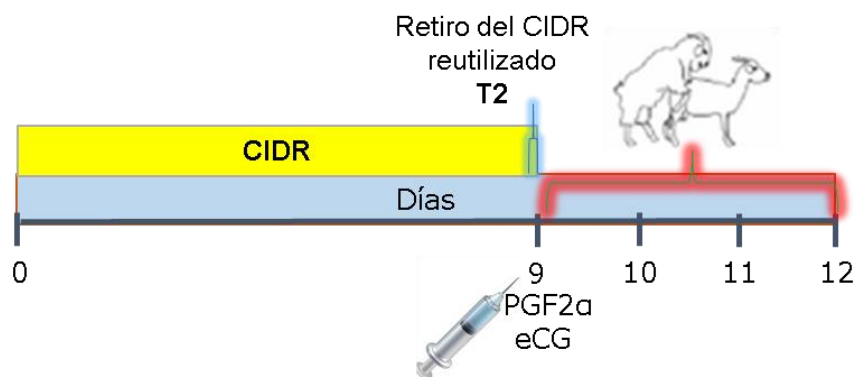


Figura 6.- Protocolo de sincronización. T2=Con CIDR reutilizado a nueve días de inserción.

6.5. Detección de estros y monta natural

Una vez retirado el dispositivo intravaginal, las cabras se expusieron a los machos celadores; a estos se les colocó un mandil para evitar la cópula y realizar la detección de estros. El tiempo de exposición de las cabras al macho fue de 30 min, cada 4 h. En el momento en que las cabras manifestaran estro, se le permitía al macho que la montara, una vez que la cabra recibió la primera monta, esta fue separada en otro corral para que trascurridas 24 horas se le permitiera un segundo servicio de monta.

6.6. Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación se realizó por vía transrectal al día 35 post-monta con un ultrasonido portátil (SIUI, CTS 800, transductor 7.5 Mhz).

6.7. Variables evaluadas

Manifestación de señales externas de estro, horas del inicio del estro post-retiro del CIDR (hE), tasa de gestación, tasa de parto y prolificidad (Ruiz et al., 2025).

6.8. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el Modelo Lineal Generalizado (GENMOD) del paquete estadístico (SAS 2013), se utilizó la prueba de tukey para la comparación de medias ($p \leq 0.05$). Para la variable hE, se evaluó por medio de la curva de supervivencia de Log Rank y las gráficas de Kaplan-Meier.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las condiciones en que se desarrolló la presente investigación, se obtuvo que para la variable de manifestación de las señales externas al estro las cabras del T1 de las cabras fue mayor numéricamente (100%) con respecto al T2 (70%). Por otra parte, en la variable horas del inicio a la manifestación del estro después de retirado el CIDR se encontraron diferencias significativas siendo mayor el intervalo en el T1 vs T2 ($p \leq 0.05$) (Figura 3 y Tabla 1).

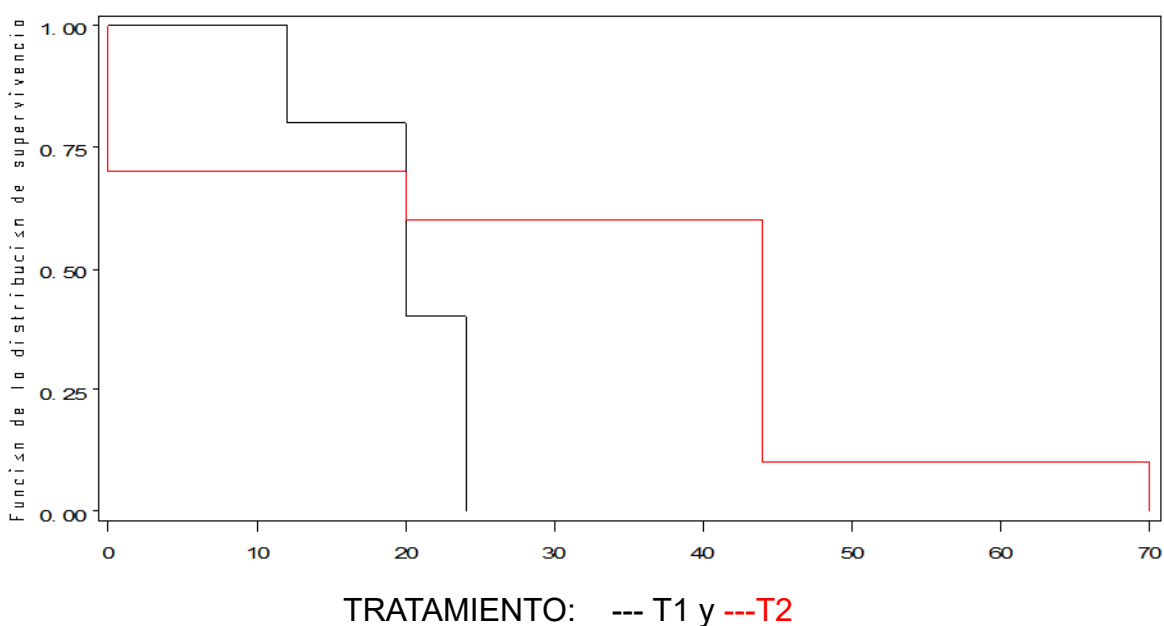


Figura 7.- Curvas de supervivencia del hE en horas post-retiro del CIDR en cabras Toggenburg x Alpino sometidas a diferentes tratamientos de sincronización (T1=CIDR-Nuevo (-6 días) y T2=CIDR-Nuevo (-9 días)).

En la respuesta de las variables: tasa de gestación, tasa de parición y prolificidad se muestra un comportamiento similar entre tratamientos ($p \leq 0.05$) respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Variables reproductivas evaluadas en cabras Toggenburg x Alpino, sometidas a diferentes tratamientos de sincronización del estro con CIDR reutilizado a 6 y 9 días de inserción.

VARIABLE	TRATAMIENTOS	
	T1 (CR-6)	T2 (CR-9)
Cabras en estro (%)	100 (10/10)	70 (7/10)
Horas a la presencia del estro (h)	20.0 ^b	44.28 ^a
Tasa de gestación (%)	70 (7/10)	57 (4/7)
Tasa de parición (%)	100 (7/7)	100 (4/4)
Prolificidad (%)	157	100

a,b Medias con literales diferentes entre hileras indican diferencias entre tratamientos ($p \leq 0.05$). T1=CR-6: CIDR Reutilizado a 6 días de inserción, T2=CR-9: CIDR Reutilizado a 9 días de inserción.

La respuesta a la presencia de estros no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos hormonales, registrándose un 100% de cabras en estro en el grupo sincronizado con el CIDR reutilizado durante seis días (T1) y un 70% en el grupo sincronizado con el CIDR reutilizado durante nueve días (T2). Resultados similares fueron reportados por Uribe et al. (2011), quienes evaluaron los efectos del CIDR reutilizado con periodos de inserción de 6, 9 y 13 días, además de la aplicación de 500 UI de eCG, obteniendo un 100% de cabras en estro en los tres tratamientos. De manera similar, Hernández et al. (2012) reportaron un promedio de 90.32 % de

respuesta al estro al comparar dos tratamientos: T1 (esponja caducada con 40 mg de acetato de fluorogestona) y T2 (CIDR reciclado), ambos con un periodo de inserción de 12 días. En dicho estudio, las cabras tratadas con esponjas presentaron una tasa de estro de 89.47 %, mientras que aquellas tratadas con CIDR alcanzaron un 91.66 %. Es importante señalar que en ninguno de los tratamientos se administró prostaglandina $F_{2\alpha}$ ($PGF_{2\alpha}$) ni gonadotropina coriónica equina (eCG), lo que sugiere que las respuestas observadas se debieron exclusivamente al efecto de los dispositivos intravaginales empleados.

El inicio promedio del estro fue de 20.0 h para el T1 y de 44.28 h para el T2, evidenciándose diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre ambos tratamientos, siendo mayor el intervalo en el T2 respecto al T1. Resultados similares fueron reportados por Aguiñiga, P. (2017), quien obtuvo diferencias estadísticas al sincronizar cabras con CIDR caducados utilizando dos tratamientos: T1, con aplicación de CIDR durante 8 días más 300 UI de eCG y T2 con aplicación de CIDR durante 12 días y la misma dosis de eCG al momento del retiro. En su estudio, el tiempo promedio de inicio del estro fue de 20.8 ± 2.8 horas para el protocolo corto y de 27.73 ± 3.6 horas para el protocolo largo.

El porcentaje de gestación no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, registrándose un 70% de gestación en T1 y un 57% en T2, respectivamente.

De manera similar, Palacios et al. (2020) evaluaron el efecto del uso de CIDR caducados en la sincronización del estro, aplicando dos tratamientos: T1, con CIDR de 26 meses de caducidad, utilizado durante 12 días más 300 UI de gonadotropina coriónica equina (eCG) al momento del retiro, y T2, con CIDR de 13 meses de caducidad más la misma dosis de gonadotropina coriónica equina (eCG). En su estudio, el porcentaje de gestación respecto a las hembras que presentaron celo fue de 50% para el T1 y de 100% para el T2, encontrándose diferencias significativas ($P < 0.046$), a diferencia de lo observado en la presente investigación.

Estos resultados sugieren que el uso de CIDR y gonadotropina coriónica equina (eCG) caducados no afecta de manera notable la conducta de estro, aunque podría influir negativamente en la tasa de preñez en cabras.

En cuanto a la tasa de parición, los resultados obtenidos en este estudio fueron del 100% para ambos tratamientos. Estos valores son superiores a los reportados por Uribe et al. (2011), quien evaluó tres tratamientos distintos en cabras: T1 (aplicación de CIDR por seis días), T2 (aplicación de CIDR por nueve días) y T3 (aplicación de CIDR por trece días). Al momento del retiro de los dispositivos, en todos los tratamientos se administraron 500 UI de eCG por vía intramuscular. Los resultados obtenidos por dicho autor fueron de 44.44% para el T1, 55.55% para el T2 y 33.33% para el T3. En su estudio, el bajo porcentaje de parición observado en el T3 podría estar asociado con la ovulación de folículos envejecidos o con una vida media prolongada, lo que afectaría la calidad del ovocito y, en consecuencia, la tasa de gestación y parición.

En cuanto a la prolificidad, se obtuvo un valor de 157% en el T1, lo que indica que, en promedio, las cabras parieron 1.5 crías por parto. Dado que no es posible obtener medias fraccionadas, esto significa que algunas cabras tuvieron dos crías, mientras que otras solo una. En otras palabras, de siete cabras paridas nacieron entre diez y once cabritos. Por el contrario, en el T2, de cuatro cabras paridas nacieron únicamente cuatro crías, lo que representa una prolificidad del 100%.

Resultados superiores fueron reportados por Duenhas, A. (2002), quien realizó un estudio en cabras comparando dos tratamientos: T1, aplicación de dispositivo CIDR por 14 días con 350 UI de eCG (31 hembras), y T2, tratamiento control (29 hembras). De las 31 cabras que recibieron el T1, 21 resultaron gestantes, obteniendo un promedio de fertilidad del 67.7% y un número promedio de 2 a 3 crías

por parto. En cambio, en el T2, ninguna cabra quedó gestante, registrando un promedio de 0% tanto en fertilidad como en prolificidad.

En general, los resultados de las variables evaluadas en el presente estudio indican que el T2 presentó un menor número de cabras en estro, una menor tasa de ovulación y una tasa de gestación reducida, lo cual se asocia directamente con los niveles de progesterona alcanzados durante el tratamiento. De acuerdo con Arroyo-Ledezma et al. (2013), la inserción de un dispositivo CIDR eleva las concentraciones séricas de progesterona por encima de 5 ng/ml durante los primeros tres o cuatro días, niveles superiores a los observados de manera fisiológica en la fase lútea media. Estas concentraciones elevadas favorecen el desarrollo folicular al incrementar la presencia de folículos jóvenes y con alto potencial ovulatorio, además de inducir la regresión temprana del folículo dominante y permitir la rápida emergencia de una nueva onda folicular. Este mecanismo resulta esencial para asegurar la ovulación de folículos sanos tanto en ovejas como en cabras. Por ello, en los últimos años se ha promovido el uso de protocolos cortos de sincronización en pequeños rumiantes, los cuales facilitan el manejo reproductivo del hato y contribuyen a disminuir el periodo vacío al regular de manera más eficiente la primera onda folicular.

En contraste, los protocolos de mayor duración tienden a reducir la fertilidad debido a la disminución progresiva de las concentraciones de progesterona a partir del sexto día de tratamiento. Dicho descenso hormonal prolonga la vida del folículo dominante e impide la instauración de una nueva onda folicular, afectando la calidad del folículo que finalmente ovula. Además, un aporte insuficiente de progesterona durante la sincronización puede inhibir parcialmente la secreción de GnRH a nivel hipotalámico y, en consecuencia, disminuir la liberación de LH por la hipófisis, favoreciendo la persistencia folicular y comprometiendo la fertilidad (Vargas, 2022). Estos hallazgos explican de manera consistente el desempeño reproductivo observado en el T2 y respaldan la importancia de mantener niveles adecuados de progesterona para optimizar la respuesta reproductiva en caprinos.

VIII. CONCLUSIÓN

La inducción y sincronización del estro en cabras mediante el uso de dispositivos CIDR reutilizados por primera ocasión demuestra ser una alternativa viable y eficiente dentro de los programas de manejo reproductivo. La aplicación de un protocolo de seis días de inserción permite mantener resultados satisfactorios en la inducción del celo y la actividad ovárica, sin afectar de manera significativa la respuesta reproductiva de las hembras.

Por lo tanto, el uso controlado y técnicamente respaldado de CIDR reutilizados en un protocolo a seis días de inserción, representa una herramienta práctica para optimizar la eficiencia reproductiva y económica en los programas de sincronización del estro en caprinos.

IX. LITERATURA CITADA

Acosta, J., & Ribas, M., C. d. (2024). Caprinocultor. España: RUTH.
<https://www.google.com.mx/books/edition/Caprinocultor/-h8LEQAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0>

Agredo, J. (2018). Efecto del estrés nutricional sobre la función lútea postservicio en cabras inducidas a ovular durante el anestro estacional. TESIS Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestro en Salud y Producción Animal Sustentable. Universidad Autónoma de Querétaro.

<https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/1003/1/RI004106.pdf>

Aguñiga, P. (2017). Comparación de dos Protocolos de Sincronización de Celo en Cabras Mediante el Uso de CIDR y PMSG Caducados. Tesis como requisito para obtener el título de: ingeniero en producción animal. Universidad Autónoma de Baja California Sur.

<https://biblio.uabcs.mx/tesis/tesis/te4045.pdf>

Álvarez, A. (2017). Suplementación de glutamato y función reproductiva en cabras primaras durante el periodo de transición al anestro estacional: efecto sobre los niveles séricos de insulina. Tesis realizada por Alma Rosa Álvarez Ruiz, bajo la dirección del Comité Asesor, aprobada y aceptada como requisito para obtener el grado de: Maestro en ciencias en recursos naturales y medio ambiente en zonas áridas. Universidad Autónoma Chapingo.

<https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/08a62756-a062-4df7-a4df-5982878d0ba5/content>

Arroyo, J., De La Torre, J., Ávila, N. (2013). Respuesta reproductiva de ovejas de pelo sincronizadas con progesterona o prostaglandinas. *Agrociencia* vol.47 no.7. pp. 661-670. Colegio de Postgraduados Texcoco, México.

<https://www.redalyc.org/pdf/302/30228899003.pdf>

Bustamante, J. (septiembre de 2022). Estacionalidad reproductiva y ciclo estral en caprinos. [Presentación de conferencia]. IX Semana internacional del posgrado en ciencias en producción agropecuaria, Torreón, Coahuila.
https://www.researchgate.net/publication/378394952_ESTACIONALIDAD_REPRODUCTIVA_Y_CICLO ESTRAL EN CAPRINOS

Campbell, B., Barnes, T., García, A. (2022). Small ruminant production: Are CIDRs reusable? *Ohioline*. The Ohio State University. <https://ohioline.osu.edu/factsheet/as-1025>

Caravaca Rodríguez, F. P. (2003). Bases de la producción animal. España: Universidad de Sevilla.
https://books.google.com.mx/books?id=YQxTe3v1GqkC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Chemineau, P., Delgadillo, J. A. (1993). Neuroendocrinología de la reproducción en el caprino. *Revista científica, FCV-LUZ* / Vol. 111, N° 2.
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14101/14081>

De la Rosa C, S. (2011). Manual de producción caprina (1a ed). Capítulo 6. Formosa. <https://ppryc.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/04/capitulo-6.pdf>

Delgadillo, J. (2021). Reproducción de los animales domésticos. Libro digital. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Unidad 3-capítulo 16. <https://reproduccionanimalesdomesticos.fmvz.unam.mx/libro/capitulo16/autores.html>

Duenhas Monreal, A.C.; Toniollo, H.G.; Zorzatto, J.R.; Bicudo, S.D. Cabras sincronizadas con CIDR en la latitud 20°28'S Archivos de Zootecnia, vol. 51, núm. 196, diciembre, 2002, pp. 453-456 Universidad de Córdoba Córdoba, España
<https://www.redalyc.org/pdf/495/49519606.pdf>

Echevarría, L., Mendoza, G., Fouilloux, A., & Torres, A. (2021). Reproducción de los animales domésticos. Libro digital. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Unidad 1-capítulo 2. <https://reproduccionanimalesdomesticos.fmvz.unam.mx/libro/capitulo2/autores.html>

Edwards, A. (2020). The estrous cycle and seasonality in sheep and goats. LSU, College of Agriculture.
<https://www.lsuagcenter.com/profiles/bneely/articles/page1593707272607>

Elizondo, E. (2021). Uso de progesterona para sincronizar e inducir el estro y suplementación post inseminación en cabras. [Tesis como requisito parcial para obtener el grado de maestría en ciencia animal]. Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/21682/1/1080314990.pdf>

Francisco, G., & Cruz, S. (2020). Sincronización de estros con CIDR reutilizados a periodo corto y la aplicación de prostaglandinas (PGf₂α), con gonadotropina

coriónica equina (eCG) en borregas multíparas. [Tesis para obtener el título de Ingeniería en agronomía. Tecnológico Nacional de México. <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/3692/1/Tesis%20terminada.pdf>

Franco, J., y Uribe Velásquez, L. F. (2012). Hormonas reproductivas de importancia veterinaria en hembras domésticas ruminantes. *Biosalud*, 11(1), 41–56. Recuperado a partir de <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/index.php/biosalud/article/view/4730>

García, K. (2018). Determinación de la tasa de presentación de celo y la tasa de concepción en cabras Saanen sincronizadas con acetato de medroxiprogesterona (MAP), durante dos épocas del año. [Tesis para obtener el título profesional de médico veterinario]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://core.ac.uk/download/pdf/323351834.pdf>

Hernández, J., Pessoa, M., Gómez, A., Benítez, J., Navarrete, R. (2012). Inducción de estro en cabras de raza boer con esponjas caducadas y CIDR reciclado. *Abanico veterinario* 2. ISSN 2007-4204. <https://www.medigraphic.com/pdfs/abanico/av-2012/av122c.pdf>

López-García, S., Sánchez-Torres Esqueda, M. T., Cordero-Mora, J. L., Figueroa-Velasco, J. L., Martínez-Aispuro, J. A., & Salinas Ríos, T. (2023). Sincronización de estros en ovejas mediante protocolo de 6 días con CIDR de primera, segunda y tercera reutilización. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 14(3), 610–621. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i3.6309>

López Sebastián, A., J. Santiago Moreno, J. S. M., G. de Bulnes, A., & García López, M. (1) (1993). Aspectos Característicos de La Fisiología Reproductiva de la Oveja.

Revista Científica De La Facultad De Ciencias Veterinarias, 3(2). Recuperado a partir de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/14102>

López, S. & Martín, S. (2015). UF2165 - Manejo de animales reproductores. Editorial Elearning S.L.

https://www.editorialelearning.com/catalogo/media/iverve/uploadpdf/1526034420_UF2165_demo.pdf

Manes, J., Ungerfeld, R. (2015). Sincronización de celos en ovejas y cabras con dispositivos intravaginales liberadores de progestágenos: alteraciones en ambiente vaginal y su relación con la fertilidad. Revista Brasileira de Reprodução Animal. v.39, n.1, p.104-108.

https://www.researchgate.net/publication/279848423_Estrous_synchronization_with_intravaginal_devices_in_sheep_and_goats_alterations_in_vaginal_environment_and_its%27_relation_with_fertility_Sincronizacion_de_celos_en_ovejas_y_cabras_con_dispositivos_int

Mateos, E. (2001). Control en la reproducción en el ganado caprino. Revista MG Mundo Ganadero, 44-49. Departamento de patología animal II, Facultad de veterinaria U.C.M.

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_2001_13_3_44_49.pdf

Pascual, I. (2016). Reproducción Animal. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/186-reprod_compendio.pdf

Rangel, L., Alarcón, M., Galina, C., Hernández, J., Porras, A., Valencia, J., Balcazar, J., Boeta, M., Flores, H., Páramo, M. Porras, A., Páramo, M. (Eds.). (2009). Manual de prácticas de reproducción animal (1ra ed). Universidad Nacional Autónoma de México.

https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Reproduccion%20Animal.pdf

Rivero, M.A., Consoli, F., Castro, N., Argüello, A., Capote, J., Andrada, M. (2020). Características anatómicas de la especie caprina (III). Aparato genital femenino y Glándula mamaria. Revista Agropalca. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/123577/1/Páginas%20desdeREVISTA%20AGROPALCA%2048.pdf>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural., (09 de junio de 2015). La capricultura en México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-capricultura-en-mexico>

Stewart, J. (2021). Pubertad y estro en cabras. Manual de MSD. Manual de veterinaria. <https://www.msdrveterinario.com/es/manejo-y-nutrici%C3%B3n/manejo-de-la-reproducci%C3%B3n-cabras/pubertad-y-estro-en-cabras>

Tejada, R. (2019). Curso: 5to 1ra. Espacio curricular: Anatomía y Fisiología Animal. Escuela Agroindustrial 25 de mayo. <https://educacion.sanjuan.edu.ar/mesj/LinkClick.aspx?fileticket=wWFtURJqrM4%3D&tabid=678&mid=1743>

Ungerfeld, R. (2020). Reproducción de los animales domésticos. España: Grupo Asis.

<https://www.researchgate.net/publication/343295606> REPRODUCCION DE LOS ANIMALES DOMESTICOS

Uribe Velásquez, L. F. ., Gutiérrez Toro, C. ., Carreño Ortiz, E. E. ., Izquierdo Jiménez, J. H. ., Lenz Souza, M. I. ., y Ángel Botero, S. . (2011). Reutilización del dispositivo de progesterona (CIDR) asociado con protocolos de corta duración en cabras. *Revista Veterinaria Y Zootecnia (On Line)*, 5(1), 39–46. Recuperado a partir de

<https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/4478>

Utrilla, M.J., Patrón, R., Carrasco, L., Magro, A., Pablos, A., Rico, L. (2024). SINCRONIZACIÓN DE CELO: El secreto de la ganadería eficiente. Ventajas y desafíos. Departamento de Veterinaria. Facultad de Ciencias Biomédicas y de la Salud. Universidad Europea de Madrid, 48-52.

<https://www.revistaganaderia.com/UploadedFiles/sincronizacion-de-celo-ganaderia.pdf>

Vargas, E. (2022). Eficiencia en la utilización de dispositivos de bajo costo para la sincronización de celos en caprinos. [Trabajo de grado para optar al título de zootecnista]. Universidad Industrial de Santander.

<https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/8e1f3c8e-698a-4445-a52c-b602dbb19e27/content>