

## Importancia del cuerpo lúteo al iniciar protocolos para sincronizar estro en ovejas

### Importance of the corpus luteum at the beginning of the protocols to synchronize estrus in sheep

Angel Campero-Cruz<sup>1</sup> ,  
María Teresa Sánchez-Torres<sup>1\*</sup> ,  
José Luis Figueroa-Velasco<sup>1</sup> ,  
José Alfredo Martínez-Aispuro<sup>1</sup> ,  
Rafael Nieto-Aquino<sup>2</sup> ,  
José Luis Cordero-Mora<sup>1</sup> ,  
Susana López-García<sup>1</sup> ,  
Israel Martínez-Cruz<sup>1</sup> ,  
Mario Cárdenas-León<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Programa de Ganadería. Km. 36.5, México 136 5, Montecillo, CP. 56230. Texcoco, Estado de México, México.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México campus Ciudad Valles, Programa de Ingeniería en Agronomía. San Luis Potosí, México.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Laboratorio de Biología de la Reproducción. Vasco de Quiroga 15, Belisario Domínguez Secc 16, Tlalpan, CP. 14080. Ciudad de México, México.

\*Autor de correspondencia:  
teresa@colpos.mx

#### Nota científica

Recibida: 15 de marzo 2022

Aceptada: 14 de noviembre 2023

**Como citar:** Campero-Cruz A, Sánchez-Torres MT, Figueroa-Velasco JL, Martínez-Aispuro JA, Nieto-Aquino R, Cordero-Mora JL, López-García S, Martínez-Cruz I, Cárdenas-León M (2023) Importancia del cuerpo lúteo al iniciar protocolos para sincronizar estro en ovejas. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 10(3): e3312. DOI: 10.19136/era.a10n3.3312

**RESUMEN.** El objetivo fue evaluar el aporte exógeno de progesterona, y la influencia del cuerpo lúteo (CL) al iniciar protocolos de sincronización de estros en ovejas, por 6 y 11 días, sobre las variables reproductivas. Las ovejas fueron presincronizadas para obtener un CL inmaduro o funcional al iniciar el periodo de sincronización a evaluar. La presentación de estros fue baja en tratamientos cortos; esto desencadenó discrepancias ( $p < 0.05$ ) en porcentaje de gestación de tratamientos de 6 días y los tradicionales de 11 días. El día del estro la concentración de esteroides fue diferente, progesterona fue mayor en tratamientos cortos; mientras que estradiol fue menor en el tratamiento corto con CL. La presencia de un CL inmaduro o funcional al iniciar tratamientos para sincronizar estro convencionales no modifica la expresión de las variables reproductivas; sin embargo, en tratamientos cortos la expresión se ve afectada. Es importante el uso de ultrasonografía para corroborar lo que pasa a nivel ovárico.

**Palabras clave:** Estradiol, oleada folicular, progesterona, prostaglandina, reproducción.

**ABSTRACT.** The aim was to examine the exogenous supply of progesterone, and the influence of the corpus luteum (CL) at the beginning of the estrus synchronization protocols in sheep, for 6 and 11 days, on reproductive variables. The sheep were presynchronized to obtain a premature or functional CL at the beginning of the synchronization period to be evaluated. Estrus presentation was lower in short treatments; This triggered a difference ( $p < 0.05$ ) in pregnancy rate between short and conventional treatments. On the day of estrus, steroid concentration was different: progesterone was higher in short treatments; while estradiol was lower in the short treatment with CL. The presence of a premature or functional CL at the initiation of the treatments commonly used to synchronize estrus does not modify the expression of the reproductive variables; Nevertheless, in short treatments the expression is affected. It is important to use ultrasonography to corroborate what happened at the ovarian level.

**Key words:** Estradiol, follicular wave, progesterone, prostaglandin, reproduction.

## INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico en la reproducción ovina ha favorecido el entendimiento de la fisiología ovárica, lo cual permite modificar los protocolos de sincronización de estro para ser eficientes, cuidando el bienestar animal, así como el efecto que genera en el ambiente el uso de estos protocolos (Gonzalez-Bulnes *et al.* 2020). Entre las prácticas de sincronización de estro, recientemente resalta el uso de dispositivos CIDR que se utilizan por periodos cortos (5 a 7 días), que presentan una respuesta reproductiva similar a los tratamientos convencionales (12 a 14 días) (Martinez-Ros *et al.* 2018). Esta tendencia parte del principio de que el aporte exógeno de progesterona ( $P_4$ ) actúa sobre el recambio folicular, causando la regresión de los folículos dependientes de gonadotropinas; permitiendo sincronizar una nueva onda folicular (Año-Perello *et al.* 2020), lo que hace posible la liberación de un ovocito más saludable (Menchaca y Rubianes 2004).

Además, existe evidencia de que al elevar la concentración sérica de  $P_4$  mediante un agente exógeno, durante la primera oleada folicular, en tratamientos de duración cortos, se puede mejorar la competencia del ovocito para la escisión y desarrollo embrionario (Menchaca *et al.* 2018); así como incrementar la tasa de fertilización del ovocito y mejorar las características embrionarias (Cuadro *et al.* 2018). Esto da la pauta para sugerir que diferentes concentraciones iniciales de  $P_4$  endógena, más la aplicación exógena en protocolos de sincronización, pueden influir sobre la respuesta a este recambio folicular y características antes mencionadas. En estos tratamientos se recomienda la aplicación de eCG para asegurar la presentación de estros y ovulación en un rango de tiempo delimitado, así como el incremento de la tasa ovulatoria (Martinez-Ros y Gonzalez-Bulnes 2020). Esto nos genera la idea de que una dosis alta de eCG puede incrementar el desarrollo folicular por el efecto FSH/LH con el que cuenta, permitiendo la síntesis de estradiol ( $E_2$ ) por parte de los folículos y la manifestación de la conducta estral. El  $E_2$  además ejerce una retroalimentación positiva en GnRH del hipotálamo,

lo que ocasiona el pulso preovulatorio por parte de LH (Correa-Aguado *et al.* 2022).

Es sabido que, durante la luteinización y la presencia del CL, se incrementa el flujo sanguíneo en el ovario, lo que aporta nutrientes, hormonas y factores de crecimiento, que benefician el completo desarrollo de los ovocitos (Argudo *et al.* 2020). Esto presenta un efecto para obtener ovocitos de mejor calidad, lo cual puede que influir positivamente sobre la fertilidad, por ello es que en el presente trabajo, no se eliminó directamente el CL al finalizar los protocolos de sincronización.

De acuerdo con las tendencias expuestas se buscan alternativas a los tratamientos hormonales que permitan ser eficientes; además, no existe evidencia directa que respalde nuestras hipótesis, por lo que evaluaremos la eficiencia sobre variables reproductivas, de protocolos de sincronización de estro durante periodos cortos y convencionales (CIDR 6 y 11 días), al iniciar el tratamiento con o sin la presencia de un CL funcional, y la aplicación únicamente de eCG como promotor de la presentación de estro y ovulación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El experimento se llevó a cabo en la unidad ovina del Colegio de Postgraduados, ubicada en Montecillo, Estado de México, a  $98^{\circ} 53' LO$  y  $19^{\circ} 29' LN$ , a 2 250 msnm. El clima es templado subhúmedo con una temperatura promedio de 12 a  $18^{\circ}C$  (García 2004).

### Animales experimentales

Durante época reproductiva, se utilizaron 80 ovejas multíparas, de la craza Katahdin x Dorset, con una condición corporal 3 en un rango de 1 a 5. Previamente, las ovejas recibieron manejo profiláctico; así mismo, se comprobó la ausencia de gestación mediante ultrasonografía. Las ovejas estuvieron estabuladas, recibieron agua y minerales a libre acceso, y una dieta que cubriera sus requerimientos nutricionales de proteína cruda (9.1%) y energía metabolizable ( $2.1 \text{ Mcal kg}^{-1}$ ) según

lo recomendado por el NRC (2007). El manejo de los animales se realizó de acuerdo a las normas establecidas por el Comité de Bienestar Animal del Colegio de Postgraduados.

### Sincronización previa

Se contemplaron 100 ovejas inicialmente, 25 por tratamiento, para poder eliminar a las que no presenten estro a la sincronización mediante la aplicación de dos dosis de prostaglandina  $F_{2\alpha}$  (PGF $_{2\alpha}$ , 125  $\mu$ g, Celosil<sup>®</sup>), con un intervalo de 8 días; esta práctica nos ayudó a regular el tiempo de vida del CL (Figura 1), considerando que después de la segunda aplicación de PGF $_{2\alpha}$  las ovejas que presentaron estro continúan con su fase lútea.

### Tratamientos y sincronización de estros

De las ovejas pre-sincronizadas, se eligieron 80, las cuales se asignaron aleatoriamente en cuatro tratamientos ( $n = 20$ ), bajo arreglo factorial  $2 \times 2$  consistente en dos periodos de duración de la sincronización del estro (6 y 11 días), y ovejas con CL inmaduro o funcional, antes de iniciar el protocolo de sincronización (lo cual se corroboró mediante un muestreo de  $P_4$  antes de iniciar la sincronización). Se colocó un dispositivo CIDR<sup>®</sup> Ovis a todas las ovejas, el cual permaneció el tiempo indicado, según la duración del periodo de sincronización de cada tratamiento, al retiro recibieron 400 UI de eCG (Gonactive<sup>®</sup>) (Figura 1).

### Detección de estros

La detección de estro después de la presincronización y la sincronización, se inició 24 h posterior a la aplicación de PGF $_{2\alpha}$  o retiro del CIDR respectivamente; esta se registró durante 3 días consecutivos, en intervalos de 6 h. La detección de estro durante la presincronización se realizó con apoyo de machos con mandil y para ambos casos se consideraba en estro a las ovejas que presentaban signos de receptividad y que permanecían inmóviles a la monta. El inicio de estro se registró al recibir su primera monta después de la sincronización.

### Monta natural y retorno a estro

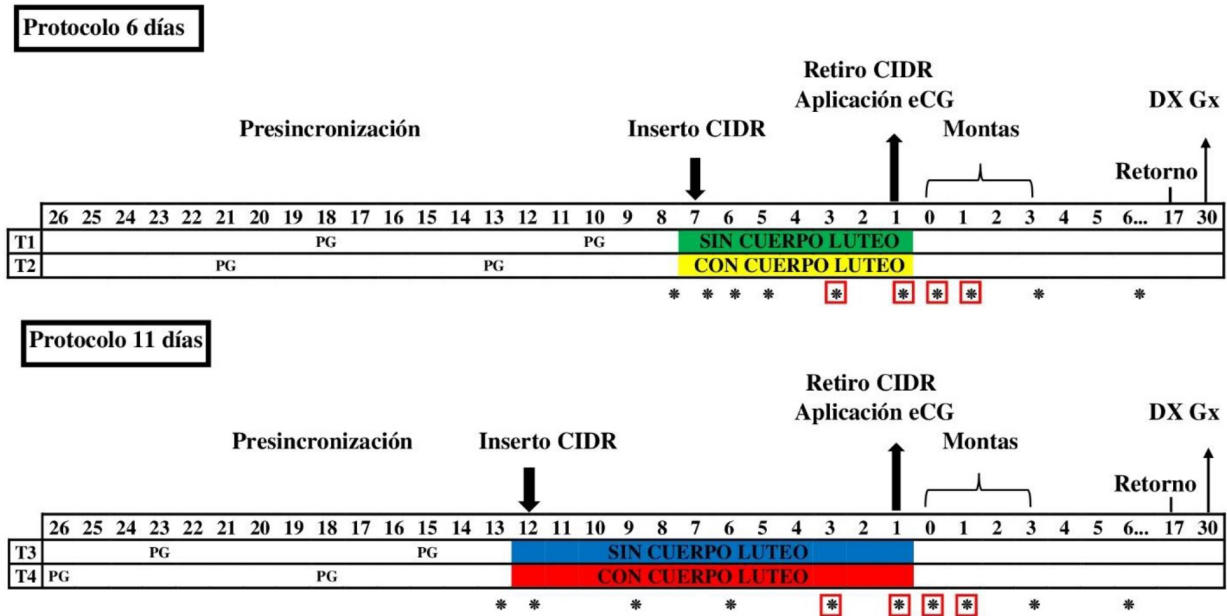
Se realizaron 3 servicios por hembra, utilizando diferentes machos fértiles, iniciando a los primeros signos del estro y dos montas subsecuentes con 12 h de separación. Posteriormente, se revisó actividad estrual 14 a 17 días después del inicio de estro, mediante la misma metodología.

### Diagnóstico de gestación y prolificidad

Mediante un transductor lineal prostático (7.5 MHz) se realizó ecografía con un equipo CHISON, Eco 6 a los 30 y 60 días después del primer servicio. Durante el último tercio de la gestación las ovejas fueron alojadas en corraletas individuales 10 días previos a la fecha probable de parto, para registrar cada uno de los partos y las crías nacidas por oveja.

### Muestreo y análisis hormonal

Los días de muestreo sanguíneo para analizar  $P_4$  se presentan en la Figura 1, los muestreos se distribuyeron de tal manera que pudiéramos cuantificar la concentración inicial de  $P_4$  para cada tratamiento (CL inmaduro o funcional), 4 h después del inserto y posteriormente durante el periodo de sincronización (6, 3 y 1 día antes del retiro de CIDR), para evaluar el aporte exógeno según la duración de cada tratamiento de sincronización; este análisis continuó hasta el día de presentación del estro sincronizado y el inicio de la siguiente fase lútea; los muestreos de  $E_2$  se realizaron desde 3 días antes del retiro de CIDR hasta 24 h después del día de presentación de estro (Figura 1), con la finalidad de observar si se llevaba a cabo la retroalimentación esteroidea, y registrar información acerca de lo que sucedía a nivel ovárico. Se colectaron muestras de 12 ovejas de cada tratamiento mediante punción de la vena yugular (5 mL) a las 08:00 h, las cuales fueron centrifugadas a 1500 g a 4 °C por 20 min; posteriormente, el suero sanguíneo se separó y se almacenó a -20 °C hasta su análisis. Se utilizó radioinmunoensayo (RIA) para caracterizar la concentración de  $P_4$  en suero con el kit comercial PROGESTERONE [1-125] RIA<sup>®</sup>. El  $E_2$  se caracterizó por inmunoensayo de quimioluminiscencia (ELISA) con el kit comercial DRG Estradiol CLIA<sup>®</sup>.



\* Muestreo en sangre para determinar  $P_4$ , \* Muestreo en sangre para determinar  $E_2$

**Figura 1.** Tratamientos de sincronización de estro. T1 = 6 días sin cuerpo lúteo funcional (6d SCL). T2 = 6 días con cuerpo lúteo funcional (6d CL). T3 = 11 días sin cuerpo lúteo funcional (11d SCL). T4 = 11 días con cuerpo lúteo funcional (11d CL). CIDR- dispositivo controlado de liberación interna. eCG- Gonadotropina Coriónica equina. PG-administración prostaglandina  $F_{2\alpha}$ .

### Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 2$ , el primer factor fue la duración del tratamiento de sincronización del estro (6 y 11 días) y el segundo factor fue la presencia de CL inmaduro o funcional al iniciar el tratamiento. Se utilizaron estadísticos no paramétricos para las variables que no presentaron normalidad (Shapiro-Wilk). Los resultados se analizaron con una prueba de  $\chi^2$  mediante Kruskal-Wallis en las variables presencia de estro y tasa de gestación, se compararon las medias con prueba Nemenyi. Se realizó un análisis de mediciones repetidas a través del tiempo para la concentración de  $P_4$  y  $E_2$ ; y se calcularon las medias de mínimos cuadrados mediante Tukey-Kramer. El nivel de significancia que se consideró fue  $\alpha = 0.05$ . Se utilizó el paquete estadístico SAS 9.0 para Windows 6.2.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presenta la respuesta de las variables reproductivas, para cada tratamiento. Existieron discrepancias en la presentación de estro ( $p < 0.05$ ) entre grupos experimentales debido a la duración del tratamiento para sincronizar estro, los protocolos convencionales exhibieron el 100% de estro comparados con los porcentajes obtenidos en los tratamientos cortos (5 a 35%). Los datos observados en protocolos de sincronización de estro a 11 días concuerdan con lo reportado por Uriol *et al.* (2019) al implementar protocolos convencionales durante 12-14 días. La baja presencia de estros en los tratamientos de sincronización a 6 días obtenidos en la presente investigación, difieren a lo reportado por Uriol *et al.* (2019) y Martínez-Ros *et al.* (2018) quienes reportaron 100% de estros al aplicar CIDR (5 y 6 días), aunado a 400 UI de eCG y 5 mg de  $PGF_{2\alpha}$ , al retiro del CIDR. La diferencia en los resultados, pudo deberse a la falta de aplicación de  $PGF_{2\alpha}$  al retiro del dispositivo, para observar si había beneficios por la alta concentración de  $P_4$  o la existencia de un CL

**Tabla 1.** Medias y error estándar de las variables reproductivas en ovejas.

	6d SCL	6d CL	11d SCL	11d CL
Presencia de estro (%)	35 (7/20) <sup>b</sup>	5 (1/20) <sup>c</sup>	100 (20/20) <sup>a</sup>	100 (20/20) <sup>a</sup>
Inicio de estro (h) <sup>1</sup>	24.9 ± 0.9	30	31.2 ± 2.6	33.3 ± 3.4
Retorno a estro (%)	5	0	0	10
Gestación (%) <sup>2</sup>	30 (6/20) <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	100 (20/20) <sup>a</sup>	85 (17/20) <sup>a</sup>
Prolificidad <sup>3</sup>	2.2	0	1.9	1.9

6 d SCL = 6 días sin cuerpo lúteo funcional. 6d CL = 6 días con cuerpo lúteo funcional. 11 d SCL = 11 días sin cuerpo lúteo funcional. 11 d CL = 11 días con cuerpo lúteo funcional. <sup>1</sup>Tiempo referido al retiro del CIDR. <sup>2</sup>Basado en los perfiles de P<sub>4</sub> en suero y ultrasonografía en el día 30. <sup>3</sup>Número de corderos nacidos por oveja parida. *abc* Valores con distinta literal entre columnas son diferentes (P < 0,05). Entre paréntesis se presenta el número de animales en cada caso.

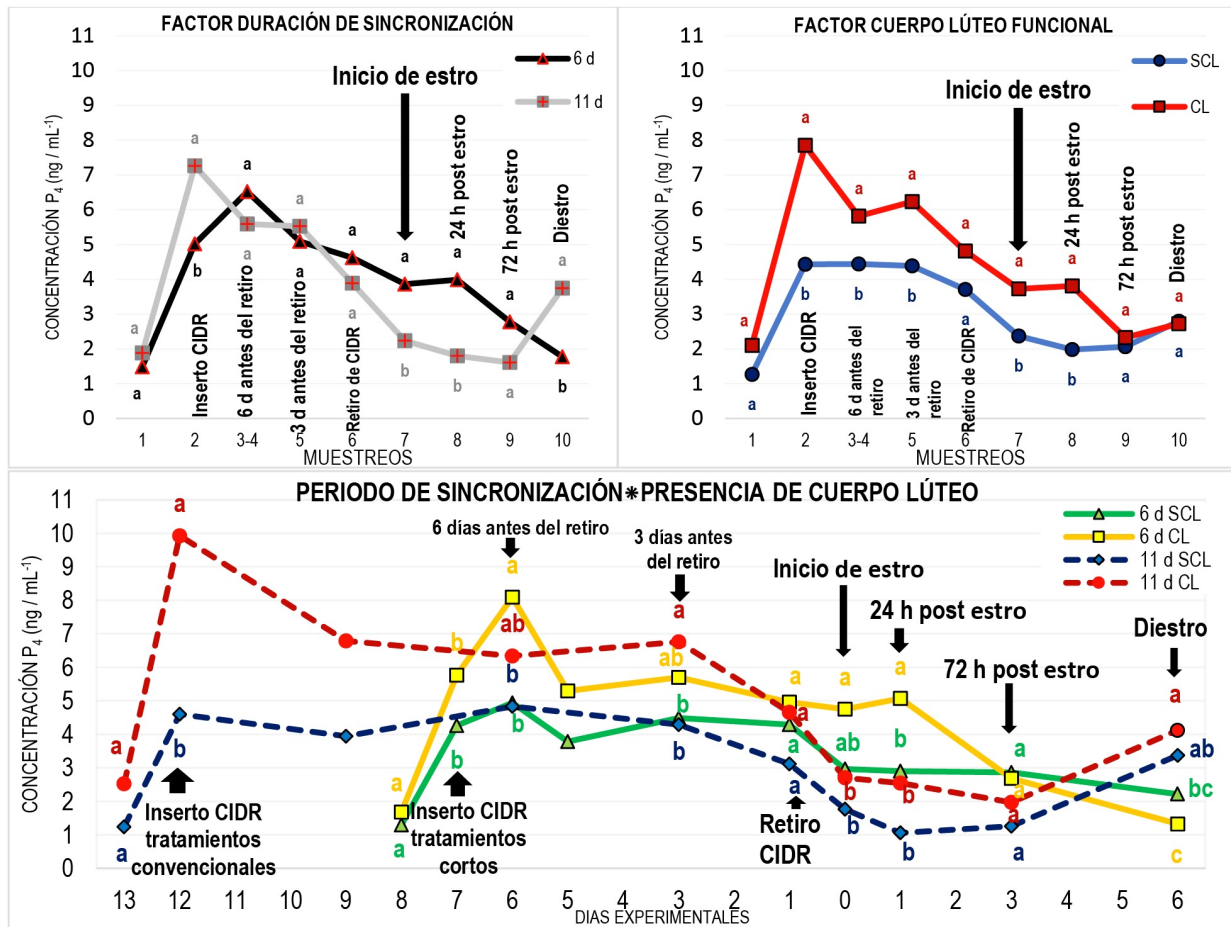
en alguno de los ovarios. La aplicación o síntesis de PGF<sub>2α</sub> induce la regresión del CL (Correa-Aguado *et al.* 2022), lo que provocará el descenso de la P<sub>4</sub>. La probable presencia de un CL al término de los protocolos cortos de la presente investigación, inhibió la presentación de estro; al respecto Luna-Palomera *et al.* (2023) reportan el éxito de los protocolos cortos de sincronización si se garantiza los niveles adecuados de P<sub>4</sub>, presentación de estro y fertilidad.

La presentación de estros influyó directamente sobre la respuesta del porcentaje de gestación, mostrando diferencias (p < 0.05) entre los tratamientos de 11 y 6 días, el mayor porcentaje de gestación fue para los tratamientos de sincronización de estro largos. Los porcentajes de gestación obtenidos con tratamientos durante 11 días, fueron ligeramente mayores a los de Molina-Mendoza *et al.* (2005) quienes reportan 83.3 y 77.8% con y sin presencia de CL respectivamente, utilizando monta natural, ellos sincronizaron el estro durante 12 días y se aseguraron de contar con la presencia o ausencia de un CL a lo largo del periodo de sincronización; por lo tanto, la diferencia en concentración de P<sub>4</sub> endógena cuando hay o no un CL, al iniciar un protocolo convencional, no afectan la fertilidad. Los porcentajes de gestación obtenidos en tratamientos cortos del presente experimento, fueron incluso menores a los de Luna-Palomera *et al.* (2023) quienes reportan hasta 79% de gestación al utilizar inseminación artificial, después de la sincronización durante 7 días con CIDR y 150 UI eCG más 125 µg de cloprostenol al momento del retiro, seguramente la diferencia en los resultados se debió a que no se presentó la luteólisis al no aplicar PGF<sub>2α</sub> en el presente experimento. No

obstante, además de la aplicación de PGF<sub>2α</sub>, otros factores pueden interactuar en la respuesta reproductiva de protocolos cortos, al respecto Swelum *et al.* (2018) reportan tasas de gestación de 55 a 65%, utilizando CIDR nuevos y con seis días de uso aunado a 300 UI de eCG al retirar el CIDR, con tratamientos de sincronización de estro durante 6 días.

No existieron diferencias entre grupos para el inicio de estro (p > 0.05), ya que se observaron resultados que coinciden con los obtenidos por Uriol *et al.* (2019), con un inicio de estro a las 34.0 ± 5.0 y 39.2 ± 4.0 h en tratamientos convencionales y cortos (con eCG) respectivamente, sin encontrar efecto por el periodo de sincronización. Otra ventaja de utilizar dosis altas de eCG es que el índice de prolificidad puede incrementar. La prolificidad fue semejante (p > 0.05) entre los grupos que lograron gestar; lo cual coincide con otras investigaciones donde la dosis de 400 UI de eCG proporcionan valores de prolificidad de hasta 2.3 (López *et al.* 2021).

A pesar de que los tratamientos cortos no respondieron al estro sincronizado y se esperaba un gran porcentaje de ovejas en retorno, el efecto de los tratamientos no presentó diferencia (p > 0.05). El bajo porcentaje en los tratamientos cortos, podría estar relacionado con la vida media del CL generado por la presincronización al inicio de los tratamientos, evidencia de esto es que la concentración de P<sub>4</sub> sigue siendo elevada días después de la presentación del estro sincronizado (Figura 2). Aunado a esto, el enriquecimiento folicular por la dosis de eCG administrada el día del retiro pudo haber tenido efecto sobre los folículos de la nueva oleada sincronizada generándose la luteinización y anovu-

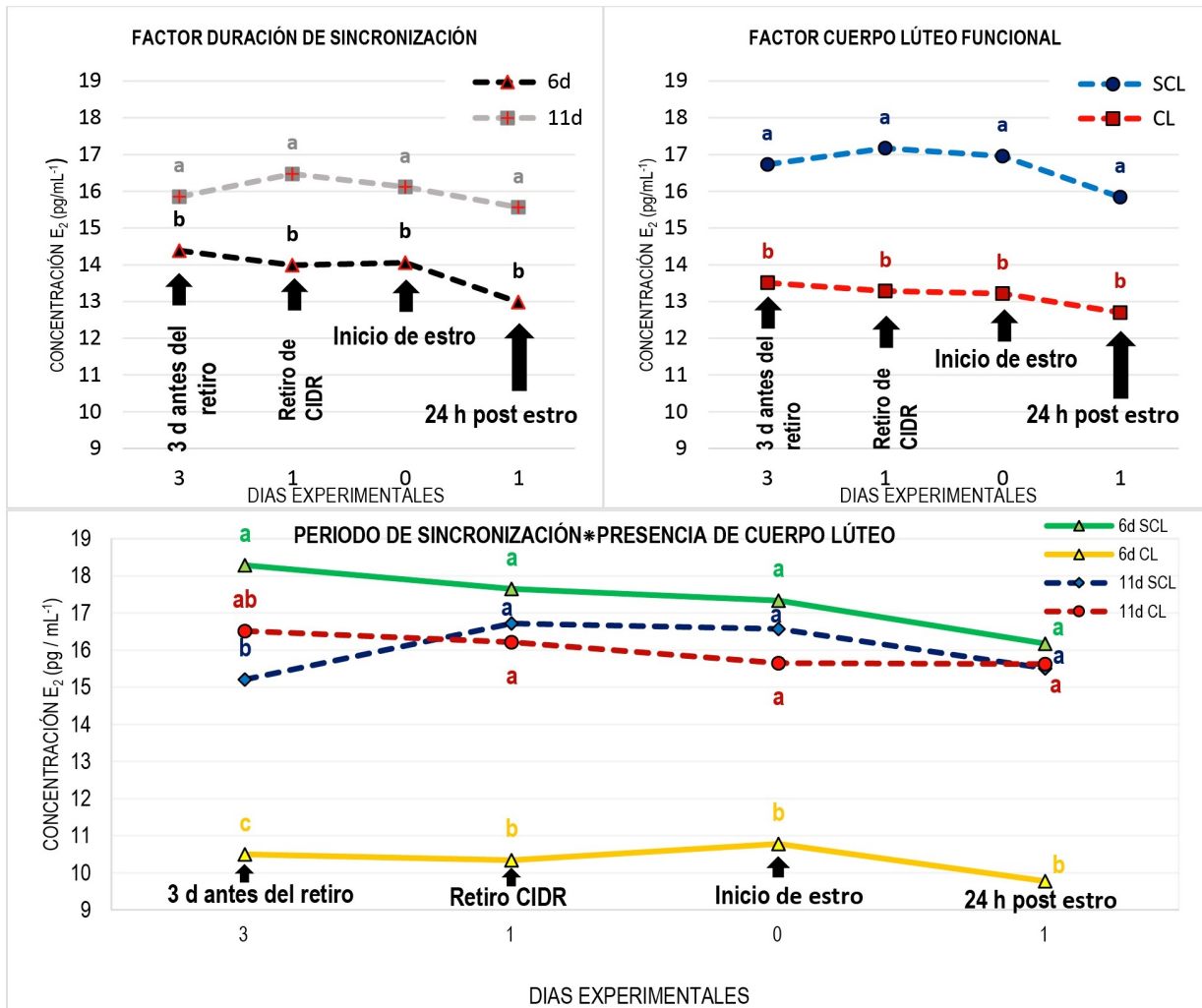


**Figura 2.** Concentración de P<sub>4</sub> en diferentes eventos fisiológicos. 6 d SCL = 6 días sin cuerpo lúteo. 6 d CL = 6 días con cuerpo lúteo. 11 d SCL = 11 días sin cuerpo lúteo. 11 d CL = 11 días con cuerpo lúteo. a b c Medias con distinta literal son diferentes (p < 0.05).

lación del folículo. En los ovarios cambios celulares y moleculares como la expresión de receptores para hormonas esteroidales o gonadotrópicas durante el crecimiento folicular contribuyen a la anovulación y la formación de quistes (Chamba-Ochoa *et al.* 2017).

No existieron diferencias en la concentración de P<sub>4</sub> en su interacción a través del tiempo (p > 0.05) al retirar el CIDR, sin embargo, cuando se evalúa cada uno de los factores por la interacción con el tiempo (p < 0.05) al inicio de estro y 24 h después de este, la concentración fue más alta en los protocolos cortos y con CL (Figura 2). En tratamientos convencionales el día de presentación de estro, Molina-Mendoza *et al.* (2005) reportan concentraciones basales (<1 ng mL<sup>-1</sup>); lo cual, no sucedió en el presente trabajo, pero tampoco afectó la respuesta de

las variables reproductivas. En tratamientos de sincronización cortos, Swelum *et al.* (2018) reportaron similitud en las concentraciones de P<sub>4</sub> del presente estudio durante el periodo de sincronización; sin embargo, en las siguientes 48 h al retiro del CIDR obtuvieron un descenso marcado en la concentración de P<sub>4</sub>, provocando que presentara una tasa de gestación superior a la obtenida en el tratamiento de 6 días sin CL del presente experimento. Otro estudio realizado en cabras utilizando protocolos de sincronización de estro con CIDR durante 5 días, reportan hasta un 96% de presentación de estro con concentraciones de P<sub>4</sub> de 3.9 ± 1.7 ng mL<sup>-1</sup> al momento del retiro de CIDR (Montes-Quiroz *et al.* 2018), a diferencia de nuestros tratamientos, los suyos continúan con el descenso de concentración P<sub>4</sub> durante dos días más;



**Figura 3.** Concentración de E<sub>2</sub> por factores y su interacción durante la fase folicular. 6 d SCL = 6 días sin cuerpo lúteo funcional. 6d CL = 6 días con cuerpo lúteo funcional. 11 d SCL = 11 días sin cuerpo lúteo funcional. 11 d CL = 11 días con cuerpo lúteo funcional. a b c Medias con distinta literal son diferentes ( $p < 0.05$ ).

lo cual pudo ocasionar la falta de respuesta en dicho tratamiento.

Existieron diferencias en la concentración de E<sub>2</sub> ( $p < 0.05$ ) por efecto de cada factor, sin interactuar con el tiempo, presentando concentraciones más altas en protocolos convencionales y sin CL. El día de presentación de estro, la concentración media de E<sub>2</sub> del tratamiento corto con CL se mantuvo por debajo de los demás (Figura 3). No obstante, todos los tratamientos presentaron concentraciones de E<sub>2</sub> mayores a las reportadas por Swelum *et al.* (2018) el día de presentación de estro, las cuales oscilan entre

2 y 2.2 pg mL<sup>-1</sup> utilizando CIDR nuevos y reutilizados por 6 días, respectivamente. De manera natural en ovejas durante el ciclo estral, el día de presentación de estro y momento de la ovulación se presentan concentraciones de E<sub>2</sub> que oscilan de 8.4 a 8.6 pg mL<sup>-1</sup> (Uribe-Velázquez *et al.* 2011, Arsoy and Sağmanlıgil 2018). De acuerdo con esto, sería evidente esperar una respuesta de estro y ovulación en los protocolos de sincronización cortos, de la presente investigación. Sin embargo, la presencia de altas concentraciones de P<sub>4</sub> inhiben los pulsos de GnRH a nivel hipotalámico e influye en la conducta de estro

(Alvarado-García *et al.* 2022); entonces, la alta concentración de P<sub>4</sub> el día 0 de los protocolos cortos evitó la conducta de estro y pudo haber reducido los pulsos de GnRH evitando el pico preovulatorio de LH. Consecuentemente, la concentración de E<sub>2</sub> obtenida en protocolos de 6 días al presentar estro pudo ser resultado de la nueva oleada folicular sincronizada por el CIDR más el enriquecimiento folicular inducido por la eCG, pero no por un solo folículo dominante preovulatorio.

Sin importar si existe un cuerpo lúteo funcional o no, al iniciar la sincronización de estro en periodos cortos es necesario administrar prostaglandina F<sub>2α</sub> al finalizar el tratamiento, para evitar el efecto negativo

del CL sobre la respuesta a estro y poder conseguir la retroalimentación esteroidea. En tratamientos convencionales la presencia o ausencia de cuerpo lúteo al iniciar la sincronización, no afecta las concentraciones de P<sub>4</sub> y E<sub>2</sub> el día de presentación estro, lo que permite la respuesta de las variables reproductivas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento (LGAC-CP) Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

## LITERATURA CITADA

- Alvarado-García P, Torres-Cruz M, Grajales-Lombana H A (2022) Concentraciones de progesterona durante el ciclo estral en ovinos en el trópico colombiano. *Revista MVZ Córdoba* 27: e2156. DOI: 10.21897/rmvz.2156.
- Año-Perello A, Santos-Jimenez Z, Encinas T, Martínez-Ros P, González-Bulnes A (2020) Use of GnRH for synchronization of the follicular wave in assisted reproductive technologies in sheep: A preliminary study. *Animals* 10: 7. DOI: 10.3390/ani10071208
- Argudo DE, Tenemaza MA, Merchán SL, Balboa JA, Méndez MS, Soria ME, Galarza LR, Ayala LE, Hernández-Fonseca HJ, Perea MS, Perea FP (2020) Intraovarian influence of bovine corpus luteum on oocyte morphology and developmental competence, embryo production and cryotolerance. *Theriogenology* 155: 232-239.
- Arsoy D, Sağmanlıgil V (2018) Reproductive cycles in white karaman ewes: Comparison of ovarian hormone secretion and reproductive behavior in non-pregnant and pregnant ewes in semi-intensive conditions. *Acta Scientiarum - Animal Sciences* 40: e39908. DOI: 10.4025/actascianimsci.v40i1.39908.
- Chamba-Ochoa HR, Benítez-González EE, Pesántez-Campoverde MT (2017) Factores predisponentes para la enfermedad quística ovárica bovina y su efecto en la eficiencia reproductiva. *Revista de Medicina Veterinaria* 35: 17-28.
- Correa-Aguado PI, Cortés-Vidauri Z, Aréchiga-Flores CF, Rincón-Delgado RM, Valdez-Miramontes CE, López-Carlos MA, Mejía HI (2022) El ciclo reproductivo de la oveja. *South Florida Journal of Development* 3: 6903-6929.
- Cuadro F, dos Santos-Neto PC, Pinczak A, Barrera N, Crispo M, Menchaca A (2018) Serum progesterone concentrations during FSH superstimulation of the first follicular wave affect embryo production in sheep. *Animal Reproduction Science* 196: 205-210.
- García E (2004) Distribución de los grupos climáticos de Köppen en México. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Primera parte. Instituto de Geografía. 4 Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 217p.



- Gonzalez-Bulnes A, Menchaca A, Martin GB, Martinez-Ros P (2020) Seventy years of progestagen treatments for management of the sheep oestrous cycle: where we are and where we should go. *Reproduction, Fertility and Development* 32: 441-452.
- López J, Salinas D, Baracaldo-Martínez A, Gómez C, Herrera-Ibatá D, Atuesta-Bustos JE (2021) Efecto de la dosis de gonadotropina coriónica equina (eCG) asociada a protocolos cortos de sincronización de celo sobre el desempeño reproductivo de ovejas de pelo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 32: e17775. DOI: 10.15381/rivep.v32i1.17775.
- Luna-Palomera C, Macías-Cruz U, Sánchez-Dávila F, Ojeda-Robertos NF, Peralta-Torres JA (2023) Los dispositivos reutilizados en protocolos cortos de sincronización tienen el mismo efecto sobre el desempeño reproductivo y perfiles de progesterona en ovejas Pelibuey. *Información Técnica Económica Agraria* 119: 149-157. DOI: 10.12706/itea.2022.014.
- Martinez-Ros P, Gonzalez-Bulnes A (2019) Efficiency of CIDR-based protocols including GnRH instead of eCG for estrus synchronization in sheep. *Animals* 9: 4. DOI: 10.3390/ani9040146.
- Martinez-Ros P, Rios-Abellan A, Gonzalez-Bulnes A (2018) Influence of progesterone-treatment length and eCG administration on appearance of estrous behavior, ovulatory success and fertility in sheep. *Animals* 9: 9. DOI: 10.3390/ani9010009.
- Menchaca A, Cuadro F, dos Santos-Neto PC, Bosolasco D, Barrera N, de Brun V, Crispo M (2018) Oocyte developmental competence is improved by relatively greater circulating progesterone concentrations during preovulatory follicular growth. *Animal Reproduction Science* 195: 321-328.
- Menchaca A, Rubianes E (2004) New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction, Fertility and Development* 16: 403-413. DOI: 10.10371/RD04037
- Molina-Mendoza P, Sánchez-Torres-Esqueda T, García-Flores EO, Martínez-García A, Cárdenas-León M, Peralta-Ortiz J, Cordero-Mora JL, Hizarza-Espinoza A, Ortega-Cerrilla ME (2005) Manipulación de la presencia del cuerpo lúteo en la sincronización de estro en ovejas Dorset. *Agrociencia* 39: 11-18.
- Montes-Quiroz GL, Sánchez-Dávila F, Grizelj J, Bernal-Barragán H, Vazquez-Armijo JF, del Bosque González AS, Luna-Palomera C, González-Gómez A, Ledezma-Torres RA (2018) The reinsertion of controlled internal drug release devices in goats does not increase the pregnancy rate after short oestrus synchronization protocol at the beginning of the breeding season. *Journal of Applied Animal Research* 46: 714-719.
- NRC (2007) Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Research Council. Washington, DC, USA. National Academy Press. 362p
- Swelum AAA, Saadeldin IM, Moumen AF, Ali MA, Ba-Awadh H, Alowaimer AN (2018) Efficacy of using previously used controlled internal drug release (CIDR) insert on the reproductive performance, hormone profiles and economic measures of sheep. *Reproduction in Domestic Animals* 53: 1114-1122.
- Uribe-Velásquez LF, Lenz Souza MI, Correa-Orozco A (2011) Efecto de altas concentraciones de progesterona durante la fase luteal temprana sobre la secreción de LH y estradiol en ovejas. *Veterinaria y Zootecnia* 5: 44-54.
- Uriol M, Martinez-Ros P, Rios A, Encinas T, Gonzalez-Bulnes A (2019) Onset of oestrus and periovulatory events in sheep exposed to 5 and 14 days of CIDR treatment with and without eCG. *Reproduction in Domestic Animals* 54: 1489-1492.