

Comparación de dos protocolos de sincronización de celo con progestágenos y eCG (gonadotropina coriónica equina) en borregas Corriedale en condiciones de altitud

Comparison of two oestrus synchronization protocols with progestogens and eCG (equine chorionic gonadotropin) in Corriedale ewes under high altitude conditions

Natalio Luque-Mamani¹, Alex Suaña-Yana², Rassiel Macedo-Sucari³,
Manuel Pérez-Durand², Uri H. Perez-Guerra^{2*}

RESUMEN

El objetivo del estudio fue comparar dos protocolos de sincronización de celo con progestágenos y eCG en borregas Corriedale en condiciones de altitud. Se utilizaron 50 borregas con condición corporal (CC) entre 2.5 y 3.0 y dos carneros Corriedale de 4 años con CC 2.5. En ambos protocolos se utilizaron esponjas vaginales con medroxiprogesterona por 14 días. En el protocolo para el tratamiento I (T1: 25 borregas) se aplicó eCG (gonadotropina coriónica equina) el día 12 y en el tratamiento II (T2: 25 borregas) se aplicó el eCG el día de la extracción de las esponjas (día 14). Se evaluaron las características de la mucosa vaginal previo a la inseminación artificial (IA). El semen fue colectado por vagina artificial y diluido con Andromed®. La IA se hizo el día 16. Mediante evaluación ultrasonográfica se determinó el diámetro de los cuernos uterinos, el diámetro de los folículos dominantes (FD), y la tasa de crecimiento de los cuernos uterinos

¹ Laboratorio de Sanidad Animal, Centro Experimental Chuquibambilla, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

² Laboratorio de Reproducción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú

³ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú

* Autor correspondiente: Uri H. Perez-Guerra; uperez@unap.edu.pe

Recibido: 12 de mayo de 2024

Aceptado para publicación: 10 de enero de 2025

Publicado: 28 de febrero de 2025

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

y del FD. Se observó diferencia de los diámetros de cuernos uterinos derecho e izquierdo a favor de T1 con relación a T2 en el día 16, así como en las tasas de crecimiento (T1: 0.15 a 0.16; T2: 0.05 y 0.07 mm/día) y del FD (T1: 1.54; T2: 0.15 mm/día). La comparación entre hembras preñadas y no preñadas mostró diferencia estadística, siendo superior (diámetro de cuernos uterinos y FD) en el grupo de preñadas. La regresión logística muestra solo diferencia estadística en preñez entre tratamientos; sin embargo, la tasa de preñez para T1 fue de 56% y para T2 de 48% ($p>0.05$). En conclusión, la aplicación de eCG 96 horas antes de la IA (T1) produce diámetros superiores de cuernos uterinos, folículos dominantes y mayores tasas de crecimiento que podrían estar relacionados con una mayor tasa de gestación en comparación al T2.

Palabras clave: borregas, eCG, inseminación artificial, progestágenos, preñez

ABSTRACT

The aim of this study was to compare two oestrus synchronization protocols with progestogens and eCG in Corriedale ewes under high altitude conditions. In total, 50 ewes with a body condition score (BCS) between 2.5 and 3.0 and two 4-year-old Corriedale rams with BCS 2.5 were used. In both protocols, vaginal sponges with medroxyprogesterone were used for 14 days. In the protocol for treatment I (T1: 25 ewes) eCG (equine chorionic gonadotropin) was applied on day 12 and in treatment II (T2: 25 ewes) eCG was applied on the day of sponge extraction (day 14). The characteristics of the vaginal mucosa were evaluated prior to artificial insemination (AI). Semen was collected by artificial vagina and diluted with Andromed®. AI was performed on day 16. Ultrasonographic evaluation was used to determine the diameter of the uterine horns, the diameter of the dominant follicles (DF), and the growth rate of the uterine horns and DF. A difference was observed in the diameters of the right and left uterine horns in favour of T1 in relation to T2 on day 16, as well as in the growth rates (T1: 0.15 to 0.16; T2: 0.05 and 0.07 mm/day) and DF (T1: 1.54; T2: 0.15 mm/day). The comparison between pregnant and non-pregnant females showed a statistical difference, being greater (diameter of uterine horns and DF) in the pregnant group. Logistic regression showed only statistical difference in pregnancy between treatments, however, the pregnancy rate for T1 was 56% and for T2 48% ($p>0.05$). In conclusion, the application of eCG 96 hours before AI (T1) produces greater diameters of uterine horns and dominant follicles and higher growth rates that could be related to a higher pregnancy rate compared to T2.

Keywords: artificial insemination, eCG, ewes, progestogen, pregnancy

INTRODUCCIÓN

La producción ovina en el Perú se caracteriza por poseer mayor proporción de animales criollos, los cuales producen carcasas entre 12.2 a 12.7 kg a consecuencia de un bajo nivel de mejoramiento genético (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015). Las biotecnologías reproductivas como la inseminación artificial (IA), así como en vacunos, permite el avance genético de rebaños según

sea el objetivo de selección, aprovechando al macho para su uso masivo dentro de la población de hembras (Fernández *et al.*, 2021). Las hembras se caracterizan por ser estacionales para su reproducción, siendo más activas durante los días cortos (abril a junio en condiciones del altiplano), de allí que la sincronización de celo permite la reproducción en época no reproductiva para una mayor productividad de esta especie (Alencastre y Gómez, 2005; Viñoles *et al.*, 2010).

El manejo reproductivo en ovinos se caracteriza por el uso de protocolos de sincronización con la finalidad de mejorar la respuesta reproductiva, ya sea mediante IA o monta natural. Estos protocolos de sincronización de celo se caracterizan por el uso de progestágenos y de la gonadotropina coriónica equina (eCG) (Hasani *et al.*, 2018; Manrique Quispe *et al.*, 2021). La administración de Gonadotropina coriónica equina (eCG) en los protocolos de sincronización de celo en borregas podría aumentar el número de folículos dominantes, previene la regresión folicular, y mejora la expresión de celo y la fertilidad (Boscos *et al.*, 2002; López *et al.*, 2021).

La aplicación temprana de eCG en protocolos de sincronización permite la presentación temprana del celo; además, es necesaria la sincronía entre el inicio de celo y la presencia de espermatozoides disponibles en el oviducto para la fertilización, teniendo en cuenta que los espermatozoides podrían sobrevivir en útero y oviductos durante 10 a 12 horas y siendo la vida útil del óvulo entre 12 a 18 horas (Evans y Maxwell, 1990; Eppleston *et al.*, 1991). Ante esto, el objetivo del estudio fue comparar dos protocolos de sincronización de celo con progestágenos y eCG en borregas Corriedale en condiciones de altitud.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Estudio y Animales

El estudio se llevó a cabo en el Centro Experimental «Carolina» de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. La zona se encuentra a 4100 msnm con predominio de pastos naturales entre mayo a junio (SENAMHI, 2020).

Se utilizaron 50 borregas Corriedale multíparas (de una población total de 93 borregas), con edades entre 2 y 4 años, con condición corporal (CC) 2.5 de mediana (esca-

la de 1 a 5) y dos machos reproductores de 4 años Corriedale de 2.5 de CC. Las hembras fueron alimentadas con pastos naturales durante 6 horas de pastoreo y suplementadas con heno de avena.

Protocolos de Sincronización de Celos

Se colocaron esponjas con 60 mg de medroxiprogesterona (Progespon®, Syntex, Uruguay) por vía intravaginal por un periodo de 14 días. Se aplicó por vía IM 400 UI de eCG (Novormon®, Zoetis, Argentina) en el día 12 para el tratamiento I (T1) y en el día 14 para el tratamiento II (T2). Las esponjas fueron retiradas el día 14 (Ungerfeld y Rubianes, 2002) y la IA se realizó el día 16. El tiempo de exposición utilizado de las esponjas es considerado como un protocolo convencional en ovinos (Molina *et al.*, 2022); sin embargo, la aplicación anticipada de eCG con relación a la respectiva inseminación se realizó según lo recomendado por diversos autores en vacunos debido a que se observó un mayor crecimiento del folículo dominante (De la Mata y Bó, 2012; De La Mata *et al.*, 2018).

Colección de Semen e IA

El semen fue colectado mediante vagina artificial temperada (42 °C) y diluido en una proporción de 1:2 con dilutor Andromed® (Minitube, Alemania) a 37 °C (Evans y Maxwell, 1990; Gibbons y Cueto, 2009). Previo a la IA se determinaron las características de la mucosa vaginal (Grado 1: mucosa muy enrojecida con flujo claro y filante; Grado 2: mucosa enrojecida con menor cantidad de flujo claro; Grado 3: mucosa pálida con fluido espeso y lechoso; [Muñoz *et al.*, 2002]). El semen diluido (0.1 ml) fue depositado a nivel del cérvix.

Evaluación Ultrasonográfica

Se hizo una evaluación del tracto reproductivo mediante ultrasonido los días 0, 14 y 16 de iniciado el protocolo de sincronización con un equipo portátil en modo B a tiempo

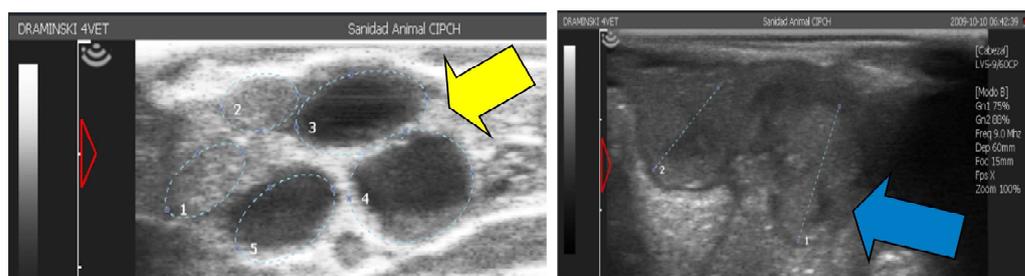


Figura 1. Imágenes ultrasonográficas de ovarios (izquierda: flecha amarilla: 1, 2: cuerpos lúteos; 3, 4, 5: folículos dominantes) y cuernos uterinos (derecha: flecha azul) de ovejas sometidas a un protocolo de sincronización del celo

real (Draminski 4Vet®. Dramiński, Polonia) equipado con un transductor lineal transrectal a 9 MHz:

- Diámetro de los cuernos uterinos (Figura 1).
- Diámetro de los folículos dominantes (Figura 1).
- Tasa de crecimiento de cuernos uterinos y folículos dominantes. La tasa de crecimiento fue el resultado de la diferencia entre los diámetros (en mm) medidos del día 16 menos aquellos del día 14.
- Detección de preñez. Se evaluó el día 35 de la IA mediante ultrasonografía.

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva (media, mediana y error estándar) y sometidos a pruebas de normalidad y homocedasticidad. Posteriormente, se aplicó la prueba de Student para comparar entre los dos grupos de tratamiento y entre hembras que preñadas y no preñadas. La evaluación de todas las variables en conjunto (diámetro del folículo dominante [FD], tratamiento, condición corporal y característica de mucosa vaginal) con relación a la variable dicotómica (preñez / no preñez) fue sometida a una regresión logística. Además, los porcentajes de preñez fueron sometidos a la prueba de Chi cuadrado. Todos los análisis fueron realizados en el programa R con su paquete estadístico de *Rcmdr* (R Core Team, 2020).

RESULTADOS

Características generales y ultrasonográficas con relación al protocolo de sincronización

El diámetro de los cuernos uterinos derecho e izquierdo el día 16 (momento de la IA) y el diámetro del FD el día 16 fueron superiores para el tratamiento I (T1) en comparación al tratamiento II (T2). Por otro lado, el diámetro de los cuernos uterinos tomado los días 0 y 14 de iniciado los protocolos, la condición corporal y el diámetro del FD el día 14 no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 1).

Características generales y ultrasono-gráficas con relación al estado de preñez o no preñez

El diámetro de los FD los días 14 y 16 y las tasas de crecimiento del FD y de los cuernos uterinos fueron significativamente superiores en las hembras que resultaron preñadas a la IA con respecto a las hembras que no quedaron preñadas. Por otro lado, los diámetros de los cuernos uterinos los días 0, 14 y 16 y la CC fue similar entre los grupos de ovejas que quedaron preñadas y no preñadas como consecuencia de la IA (Cuadro 2).

Cuadro 1. Condición corporal y características ultrasonográficas de los cuernos uterinos y folículos dominantes en ovejas sometidas a un protocolo de sincronización de celo con esponjas intravaginales (medroxiprogesterona) durante 14 días y eCG en el día 12 (T1) y 14 (T2)

	Tratamiento I (media ± EE)	Tratamiento II (media ± EE)
Diámetro de cuerno uterino derecho (día 0), mm	11.5 ± 0.42	12.5 ± 0.63
Diámetro de cuerno uterino izquierdo (día 0), mm	12.1 ± 0.29	12.2 ± 0.64
Condición corporal, 1-5	2.84 ± 0.04	2.75 ± 0.08
Diámetro de cuerno uterino derecho (día 14), mm	14.1 ± 0.35	14.2 ± 0.6
Diámetro de cuerno uterino izquierdo (día 14), mm	14.8 ± 0.42	14.3 ± 0.73
Diámetro de folículo dominante (día 14), mm	4.42 ± 0.3	4.43 ± 0.34
Diámetro de cuerno uterino derecho (día 16), mm	16.4 ± 0.47 ^a	15 ± 0.66 ^b
Diámetro de cuerno uterino izquierdo (día 16), mm	17.3 ± 0.52 ^a	15.6 ± 0.87 ^b
Diámetro de folículo dominante (día 16), mm	7.5 ± 1.63 ^a	4.74 ± 0.35 ^b
Tasa de crecimiento cuerno derecho, mm/día	0.15 ± 0.02 ^a	0.05 ± 0.01 ^b
Tasa de crecimiento cuerno izquierdo, mm/día	0.16 ± 0.03 ^a	0.07 ± 0.01 ^b
Tasa de crecimiento del folículo dominante, mm/día	1.54 ± 0.09 ^a	0.15 ± 0.03 ^b

^{a,b} Letras diferentes entre filas indican diferencia estadística ($p < 0.05$).

EE: error estándar

Cuadro 2. Comparación de condición corporal y características ultrasonográficas de los cuernos uterinos y folículos dominantes entre hembras preñadas y no preñadas

	Preñez (media ± EE)	No preñez (media ± EE)
Diámetro de cuerno uterino derecho (día 0), mm	11.6 ± 0.57	13.1 ± 1.25
Diámetro de cuerno uterino izquierdo (día 0), mm	12.2 ± 0.67	11.8 ± 0.77
Condición corporal, 1-5	2.78 ± 0.07	2.67 ± 0.1
Diámetro de cuerno uterino derecho (día 14), mm	13.8 ± 0.48	15.9 ± 0.69
Diámetro de cuerno uterino izquierdo (día 14), mm	14.9 ± 0.76	14.8 ± 1.05
Diámetro de folículo dominante (día 14), mm	5.83 ± 0.32 ^a	3.57 ± 0.66 ^b
Diámetro de cuerno uterino derecho (día 16), mm	16.4 ± 0.86	14.88 ± 0.77
Diámetro de cuerno uterino izquierdo (día 16), mm	17 ± 1	14.9 ± 1.22
Diámetro de folículo dominante (día 16), mm	7.7 ± 2.06 ^a	4.03 ± 0.23 ^b
Tasa de crecimiento cuerno derecho, mm/día	1.3 ± 0.06 ^a	0.49 ± 0.03 ^b
Tasa de crecimiento cuerno izquierdo, mm/día	1.05 ± 0.09 ^a	0.05 ± 0.01 ^b
Tasa de crecimiento del folículo dominante, mm/día	1.44 ± 0.04 ^a	0.23 ± 0.03 ^b

^{a,b} Letras diferentes entre filas indican diferencia estadística ($p < 0.05$).

EE: error estándar

Cuadro 3. Análisis mediante regresión logística de variables independientes sobre la variable dicotómica (preñez o no preñez)

Predictor	Estimador	Error estándar	Z	p
Constante	1.585	6.89	0.23	0.818
Diámetro del folículo dominante (día 16), mm	-0.064	0.099	-0.646	0.518
Tratamiento				
I- II	-1.551	1.307	-1.186	0.035
Condición corporal (1-5)	0.142	2.416	0.059	0.953
Característica de mucosa vaginal				
2 vs 1	0.472	1.308	0.36	0.718
3 vs 1	17.502	3956.18	0.004	0.996

Probabilidad menor a 0.05 muestra diferencia estadística ($p > 0.05$)

Regresión logística con relación a la preñez y tasa de preñez

La regresión logística entre la variable respuesta o dependiente dicotómica (preñez y no preñez) y las variables independientes solo indicó diferencia significativa entre los tratamientos evaluados (T1 y T2, Cuadro 3). No obstante, si bien el porcentaje de preñez en T1 fue de 56% en comparación con el porcentaje de preñez de 48% en T2, estas diferencias no fueron significativas ($p > 0.05$).

DISCUSIÓN

Características generales y ultrasono-gráficas con relación al protocolo de sincronización

Los diámetros uterinos el día 1 y día 14 de iniciado los protocolos de sincronización de celo fueron similares entre los dos tratamientos; sin embargo, estadísticamente mayor en las ovejas del T1 el día 16. Las medidas obtenidas al inicio de los protocolos fueron similares a lo reportado por otros autores (Jannat *et al.*, 2018; Manrique Quispe *et al.*, 2021).

El aumento del diámetro de los cuernos uterinos en ambos tratamientos el día de la extracción del dispositivo intravaginal se debe a la generación de una nueva onda folicular y el efecto del eCG sobre el desarrollo de los FDs, los cuales están relacionados con la mayor producción de estrógenos. Esto se refleja en la evaluación mediante ultrasonido de los cuernos uterinos (Figueira *et al.*, 2020; Balaro *et al.*, 2022). La mayor diferencia entre tratamientos en el día 16 del diámetro de los cuernos uterinos se debe a que la eCG fue administrada en T1 48 horas antes que en T2 y, por tanto, la eCG tuvo mayor tiempo de acción para generar una mayor producción de estrógenos favoreciendo el desarrollo del diámetro de los cuernos uterinos.

El diámetro del folículo dominante (FD) el día de la IA fue mayor en T1 (7.5 mm) que en T2 (4.74 mm) ($p < 0.05$), posiblemente debido al mayor tiempo de acción de la eCG en T1 sobre el desarrollo folicular debido a la acción predominante de FSH (Rigoglio *et al.*, 2013). Existe limitada información sobre tasa de crecimiento en cuernos uterinos en ovinos; sin embargo, el diámetro del FD es similar a lo reportado en ovinos multiovlados donde se reportan tasas de 0.9 a 0.7 mm/día (Figueira *et al.*, 2020).

Características generales y ultrasono-gráficas con relación al estado de preñez o no preñez

La comparación entre las características morfométricas entre el grupo de hembras preñadas y no preñadas mostró similitud en todas las comparaciones excepto en el diámetro del FD tanto el día 14 y 16 de iniciado los protocolos de sincronización de celo, siendo superior los diámetros de hembras que quedaron preñadas. El mayor diámetro folicular está relacionado a una mayor producción de estrógenos y, por lo tanto, una mayor probabilidad de producir ovulación, un tamaño mayor de cuerpo lúteo y una mayor producción de progesterona, hormona encargada del mantenimiento de la gestación (Menchaca y Rubianes, 2004; Menchaca *et al.*, 2017; Mapletoft *et al.*, 2018).

Regresión logística con relación a la preñez y tasa de preñez

La evaluación a partir de una regresión logística permite evaluar en conjunto diversas variables independientes (FD, tipo de tratamiento, condición corporal y característica de mucosa vaginal) sobre una variable dicotómica que es preñez o no preñez, tal como se ha descrito en vacunos y alpacas en programas de transferencia de embriones (Vaughan *et al.*, 2013; Pérez *et al.*, 2019; Pérez Durand *et al.*, 2022). En el presente estudio, la única variable que afectó la preñez fue el tratamiento, donde T1 fue superior en comparación al T2 por el mayor tiempo de exposición del eCG (48 horas antes de la extracción de la esponja con progesterona).

Por otro lado, la tasa de preñez de T1 y T2 fue similar, aunque diferente a lo reportado por otros autores (Espinoza *et al.*, 2020; Catacora *et al.*, 2021; Manrique Quispe *et al.*, 2021; Molina *et al.*, 2022) en condiciones medioambientales similares. Estas diferencias podrían deberse al protocolo de sincronización y al tipo de semen empleado entre otros factores (Menchaca *et al.*, 2013).

En conclusión, la aplicación de eCG 96 horas antes de la IA produce diámetros superiores de cuernos uterinos, folículos dominantes y mayores tasas de crecimiento (cuernos uterinos y folículo dominante) que podrían favorecer una mayor tasa de gestación en comparación de la aplicación de eCG 48 horas antes de la IA.

LITERATURA CITADA

1. **Alencastre R, Gómez N. 2005.** Comportamiento reproductivo del ovino criollo en el altiplano peruano. Arch Zootec 54: 541-544.
2. **Balaro MFA, Cosentino IO, Ribeiro ACS, Brandão FZ. 2022.** Ultrasound diagnosis in small ruminants: occurrence and description of genital pathologies. Vet Sci 9: 599. doi: 10.3390/vetsci9110599
3. **Boscós CM, Samartzi FC, Dellis S, Rogge A, Stefanakis A, Krambovitis E. 2002.** Use of progestagen-gonadotrophin treatments in estrus synchronization of sheep. Theriogenology 58: 1261-1272. doi: 10.1016/S0093-691X(02)01040-3
4. **Catacora N, García W, Perez U, Condori E, Luque N. 2021.** Use of CIDR and estradiol cypionate in synchronization protocols on estrus presentation, pregnancy and birth rate in Creole sheep under high altitude conditions. Spermova 11: 109-114. doi: 10.18548/ASPE/0009.15
5. **De la Mata J, Bó G. 2012.** Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos con benzoato de estradiol y GnRH en periodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne. Taurus 55: 417-421.
6. **De La Mata JJ, Núñez-Olivera R, Cuadro F, Bosolasco D, De Brun V, Meikle A, Bó GA, Menchaca A. 2018.** Effects of extending the length of prooestrus in an oestradiol- and progesterone-based oestrus synchronisation program on ovarian function, uterine

- environment and pregnancy establishment in beef heifers. *Reprod Fert Develop* 30: 1541-1552. doi: 10.1071/RD17473
7. **Eppleston J, Evans G, Roberts EM. 1991.** Effect of time of PMSG and GnRH on the time of ovulation, LH secretion and reproductive performance after intrauterine insemination with frozen ram semen. *Anim Reprod Sci* 26: 227-237. doi: 10.1016/0378-4320(91)-90049-6.
 8. **Espinoza S, Gamarra P, Ticona C, Ccari M, Espinoza G, Perez UH, Cruz D. 2020.** Evaluación de un protocolo de sincronización de estro en ovejas con destete temporal para inseminación artificial a tiempo fijo. *Rev Inv Vet Perú* 31: e16820. doi: 10.15381/rivep.v31i3.16820
 9. **Evans G, Maxwell W. 1990.** Inseminación artificial de ovejas y cabras. *Acribia*. 204 p.
 10. **Fernández JVR, Gallardo HÁ, Duarte DU, Islas AF, Pelayo MAA, Utrera ÁR, Reynozo SP, De La Torre Sánchez JF. 2021.** Reproductive biotechnologies in beef cattle: Five decades of research in Mexico. *Rev Mex Cienc Pecu* 12: 39-78. doi: 10.22319/rmcp.v12s3.5918
 11. **Figueira LM, Alves NG, Souza-Fabjan JMG, Oliveira MEF, Lima RR, Souza GN, Fonseca JF. 2020.** Preovulatory follicular dynamics, ovulatory response and embryo yield in Lacaune ewes subjected to synchronous estrus induction protocols and non-surgical embryo recovery. *Theriogenology* 145: 238-246. doi: 10.1016/j.theriogeno-logy.2019.-11.004
 12. **Gibbons A, Cueto M. 2009.** Inseminación artificial con semen congelado en ovinos 53: 32-25
 13. **Hasani N, Ebrahimi M, Ghasemi-Panahi B, HosseinKhani A. 2018.** Evaluating reproductive performance of three estrus synchronization protocols in Ghezel ewes. *Theriogenology* 122: 9-13. doi: 10.1016/j.theriogeno-logy.2018.-07.005
 14. **Jannat R, Bari FY, Ferdousy RN, Hassan MM, Juyena NS. 2018.** Gross and ultrasonographic morphometry of female reproductive tract in small ruminants. *Bangladesh Vet J* 52: 31-38. doi: 10.32856/BVJ-2018.04
 15. **López J, Salinas D, Baracaldo-Martínez A, Gómez C, Herrera Ibatá D, Atesta-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. *Rev Inv Vet Perú* 32: e17775. doi: 10.153-81/-rivep.v32i1.17775
 16. **Manrique Quispe YP, Pérez Guerra UH, Málaga Apaza J, Ayma Flores WR, Cardenas Minaya OE, Pérez Durand MG. 2021.** Evaluación del protocolo corto y largo de sincronización de celo en borregas inseminadas con semen congelado. *J Selva Andina Anim Sci* 8: 73-81. doi: 10.36610/j.jsaas.2021.080-200073
 17. **Mapletoft RJ, Bó GA, Baruselli PS, Menchaca A, Sartori R. 2018.** Evolution of knowledge on ovarian physiology and its contribution to the widespread application of reproductive biotechnologies in South American cattle. *Anim Reprod* 15: 1003-1014. doi: 10.21451/1984-3143-AR2018-0007
 18. **Menchaca A, dos Santos Neto C, Vilariño M, García Pintos C, Cuadro F, Pinczak A. 2013.** Programas de sincronización de celos en ovinos y caprinos. En: X Simposio Internacional de Reproducción Animal. Colombia.
 19. **Menchaca A, Rubianes E. 2004.** New treatments associated with timed artificial insemination in small ruminants. *Reproduction* 16: 403-413. doi: 10.10371/RD04037
 20. **Menchaca A, Dos P, Neto S. 2017.** Estrous synchronization treatments in sheep: brief update. *Rev Bras Reprod Anim* 41: 340-344.

21. **Ministerio de Agricultura y Riego. 2015.** Población y producción animal. [Inter-net]. Disponible en: <https://www.mida-gri.gob.pe/portal/40-sector-agrario/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/298-camelidos-sudamericanos?start4#:~:text=Población%20de%20llamas&text=En%20el%20caso%20del%20Per%C3%BA,-de%20Puno%20en%20el%20sur>
22. **Molina SE, Rojas GE, Huaroco CT, Huayta MC, Guerra UHP, Cruz DJ. 2022.** Two protocols to synchronize the oestrus of lactating ewes using progestogens. *Rev Inv Vet Perú* 33: e24095. doi: 10.15381/rivep.v33i6.24095
23. **Muñoz MC, Parraguez V.H., Latorre V.E. 2002.** Efecto del tiempo de inseminación artificial después de la detección de celo sobre la tasa de preñez en ovinos Corriedale. *Agric Tec* 62: 616-623. doi: 10.4067/S0365-28072002000400013
24. **Pérez Durand MG, Béjar Huaylla T, Quispe Barriga YM, Fernández Ruelas EP, Flores Guillen MA, Delgado Castro A, Pérez Guerra UH. 2022.** Factores que afectan la tasa de preñez en receptoras de embriones producidos *in vitro* bajo condiciones de altura. *Rev Inv Vet Perú* 33: e22897. doi: 10.15381/rivep.v33i3.22897
25. **R Core Team. 2020.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
26. **Rigoglio NN, Fátima LA, Hanassaka JY, Pinto GL, Machado ASD, Gimenes LU, Baruselli PS, et al. 2013.** Equine chorionic gonadotropin alters luteal cell morphologic features related to progesterone synthesis. *Theriogenology* 79: 673-679. doi: 10.1016/j.theriogenology.-2012.11.023
27. **SENAMHI. 2020.** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrográfica. Estación Experimental. Puno, Ayaviri, Perú. 2013.
28. **Ungerfeld R, Rubianes E. 2002.** Short term primings with different progestogen intravaginal devices (MAP, FGA and CIDR) for eCG-estrous induction in anestrus ewes. *Small Ruminant Res* 46: 63-66. doi: 10.1016/S0921-4488(02)-00105-0
29. **Uri Perez G, Eloy Gonzáles G, Rito Huayta A, María Apaza T, Yesenia Quispe B, Manuel Pérez D. 2019.** Factors that affect the transfer of embryos from alpacas (*Vicugna pacos*) to llamas (*Lama glama*). *Rev Inv Vet Perú* 30: 1645-1652. doi: 10.15381/rivep.v20i4.17276
30. **Vaughan J, Mihm M, Wittek T. 2013.** Factors influencing embryo transfer success in alpacas - A retrospective study. *Anim Reprod Sci* 136: 194-204. doi: 10.1016/j.anireprosci.2012.10.010
31. **Viñoles C, Gonzales-Bulnes A, Martín GB, Sales-Zlatar F, Sale S. 2010.** Sheep and goats. In: Practical atlas of ruminant and camelid reproductive ultrasonography. Blackwell Publishing. p 181-190.