

# En cabras en anestro estacional una dosis de 100 UI de hCG en dos tiempos con efecto macho incrementa el porcentaje de implantación embrionaria.

In goats in seasonal anestrus, a dose of 100 IU of hCG in two times with a male effect increases the percentage of embryonic implantation.

Jorge Arturo Bustamante-Andrade\*, Magali Jeaneth López-Calderón, Jorge Alberto Granados-Niño, Luis Jesús Barrera-Flores, Apolinar González-Mancilla.

Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Venecia Durango, México. <https://orcid.org/0000-0003-1642-3916>, <https://orcid.org/0000-0002-7199-7309>, <https://orcid.org/0000-0003-0736-1282>, <https://orcid.org/0000-0003-1962-7797>, <https://orcid.org/0000-0002-1066-1916>,

\*Autor de correspondencia:  
jorge.bustamante@ujed.mx

Recibido:  
15/07/2024

Aceptado:  
17/10/2024

Publicado:  
20/10/2024

## Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de una dosis de 100 UI de hCG sobre la tasa de implantación embrionaria en cabras anovulatorias en condiciones extensivas, en la Comarca Lagunera. La administración de hCG estimula directamente los folículos ováricos en etapas avanzadas del desarrollo, desencadenando la ovulación, la formación del cuerpo lúteo, el cual es una estructura ovárica fundamental para el mantenimiento de la preñez por la progesterona secretada. De un hato caprino de cabras multirraciales (n = 155) se seleccionaron 60 cabras anovulatorias múltiparas y se distribuyeron en tres tratamientos (1). G100-7 (n = 18) 100 UI, hCG 7 días después del empadre, (2). G100-14 (n = 18) 100 UI de hCG, 14 días después del empadre, (3). GCON (n = 18) 0,5 ml de solución salina 7 y 14 días después del empadre. Con base a los resultados obtenidos en este estudio concluimos que el efecto de la hCG se vio reflejado directamente en las variables de repuesta: área lútea, ovulaciones dobles, tasa de implantación embrionaria, tasa de concepción y tasa de fertilidad a los 14 días del empadre. En este sentido la monta directa de los machos cabríos como método de empadre tradicional en la Comarca Lagunera y la dosis de hCG (100 UI) mejoraron la eficiencia lútea y embrionaria.

## Abstract

The objective of this study was to determine the effect of a dose of 100 IU of hCG on the embryo implantation rate in anovulatory goats under extensive conditions, in the Comarca Lagunera. The administration of hCG directly stimulates ovarian follicles in advanced stages of development, triggering ovulation and the formation of the corpus luteum, which is a fundamental ovarian structure for maintaining pregnancy due to the secreted progesterone. From a goat herd of multiracial goats (n = 155), 60 multiparous anovulatory goats were selected and distributed into three treatments (1). G100-7 (n = 18) 100 IU, hCG 7 days after mating, (2). G100-14 (n = 18) 100 IU of hCG, 14 days after mating, (3). GCON (n = 18) 0.5 ml of saline 7 and 14 days after mating. Based on the results obtained in this study, we conclude that the effect of hCG was directly reflected in the response variables: luteal area, double ovulations, embryo implantation rate, conception rate and fertility rate at 14 days after mating. In this sense, the direct mating of male goats as a traditional mating method in the Lagunera region and the dose of hCG (100 IU) improved luteal and embryonic efficiency.

**Palabras clave:**

Cabras, reproducción, hormona, tasa ovulatoria.

**Key words:**

Goats, reproduction, hormone, ovulation rate.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción caprinos de tipo extensivo ocupan en su mayoría las zonas áridas y semiáridas con baja capacidad, desde el punto de vista vegetativo, con aprovechamiento de pastoreo fundamentalmente (Escareño *et al.*, 2012). El desempeño reproductivo en estos sistemas de producción es un componente fundamental para la producción de leche y cabrito (Mellado y Meza-Herrera, 2002; Mellado, 2008). Uno de los principales componentes que afectan la fertilidad es la mortalidad embrionaria durante las primeras semanas de gestación (Mamo *et al.*, 2012; Fernandez *et al.*, 2019), lo que se conoce como periodo crítico, lo cual repercute en la eficiencia reproductiva de las cabras, por la reducción en la tasa de implantación embrionaria, que, aunado a la estacionalidad reproductiva de esta especie, repercute en los ingresos de los caprinocultores, como ocurre en la Comarca Lagunera. Esta región árida se ubica en el norte de México, con un inventario superior a las 400 mil cabezas (SIAP, 2024), se considera una zona con alto potencial genético caprino, ya que ocupa el primer lugar en producción de leche de cabra a nivel nacional (Escareño *et al.*, 2012; Isidro-Requejo *et al.*, 2019; Navarrete-Molina *et al.*, 2020). Las cabras de la Comarca Lagunera muestran un periodo de anestro profundo de marzo a mayo y una estación sexual que inicia en agosto y termina en febrero; con una etapa de transición reproductiva de junio a julio (Carrillo *et al.*, 2010; Contreras-Villarreal *et al.*, 2016; Alvarado-Espino *et al.*, 2016). Para contrarrestar el efecto del anestro estacional profundo en la región se han empleado estrategias hormonales como el uso de hCG. (Alvarado-Espino *et al.*, 2019a; Bustamante-Andrade *et al.*, 2021). La administración de hCG, en diferentes dosis, estimula los folículos ováricos en etapas avanzadas del desarrollo, que provoca la ovulación y la consecuente formación del cuerpo lúteo (Coleson *et al.*, 2015; Días *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2022). La mayoría de las pérdidas de preñez en rumiantes ocurren durante la etapa de preimplantación, que es el período más crítico que determina el éxito reproductivo (Pokharel *et al.*, 2020; Felonon, 2024). Además, la ausencia de sincronización entre el embrión y el útero provoca insuficiente desarrollo, que se manifiesta por una reducción de la señalización del embrión para el establecimiento de la gestación (reconocimiento temprano de la gestación) y disminución del efecto luteotrófico (Spencer *et al.*, 2004; Fernandez *et al.*, 2019), concluyendo con el proceso fisiológico de implantación embrionaria (Pohler *et al.*, 2015; Peter *et al.*, 2018). Por lo tanto, con base a lo anterior realizamos un estudio cuyo objetivo fue evaluar el efecto de 100 UI de hCG en cabras en anestro estacional tratadas con efecto macho sobre el porcentaje de implantación embrionaria en un sistema extensivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Comarca Lagunera, zona agroecológica en el Norte árido de México (25° 47' LN, 103° 21' LO, altitud= 1111 msnm). La precipitación se presenta mayormente de junio a septiembre con un promedio de 260 mm/año (rango 170 a 530 mm/año). Esta región posee un clima seco con una temperatura promedio anual de 21°C variando de 37°C (mayo-agosto) a 0°C (noviembre-febrero) en invierno (CONAGUA, 2023).

### Animales y su manejo

#### HEMBRAS

Se utilizaron 60 cabras anovulatorias multíparas, con  $45.6 \pm 1.43$  kg de peso vivo,  $1.79 \pm 0.07$  unidades de condición corporal y de 2-4 lactancias. Se determinó la anovulación en el mes de abril del año 2023, mediante un ultrasonido instalado en un transductor transrectal de un equipo Doppler color (Chison ECO-5, con sonda de 12 pulgadas). Cada cabra se sometió a una ecografía los días 14 y 7 antes de la aplicación de progesterona, con el fin de confirmar la ausencia de cuerpos lúteos en ambos ovarios. Una vez que se confirmó la ausencia de cuerpos lúteos, las cabras fueron sometidas a un protocolo de inducción del estro. El día -1, todas las hembras recibieron 20 mg de P4 (Progesvit®, Brovel, i.m., Irapuato, Guanajuato, México) para evitar la presencia de ciclos cortos. El segundo día, día cero (0 d), las cabras recibieron 200 UI de hCG I.M. (Chorulon®, Intervet, Ciudad de México, México.), con el fin de estimular la formación del antro en los folículos ováricos en etapas avanzadas de desarrollo, y promover la ovulación. Tanto P4 como hCG fueron aplicados alrededor de las 08:00 h del día respectivo. La detección de estro consideró el uso de cuatro machos adultos sexualmente activos provistos de delantales para evitar la copula. La cabra se consideró en estro permanente cuando permaneció inmóvil, cuando el macho la montó. Cincuenta y cuatro hembras fueron detectadas en estro en base a su interacción con los machos. Posterior a la detección del estro las hembras fueron montadas por los machos.

#### MACHOS CABRÍOS

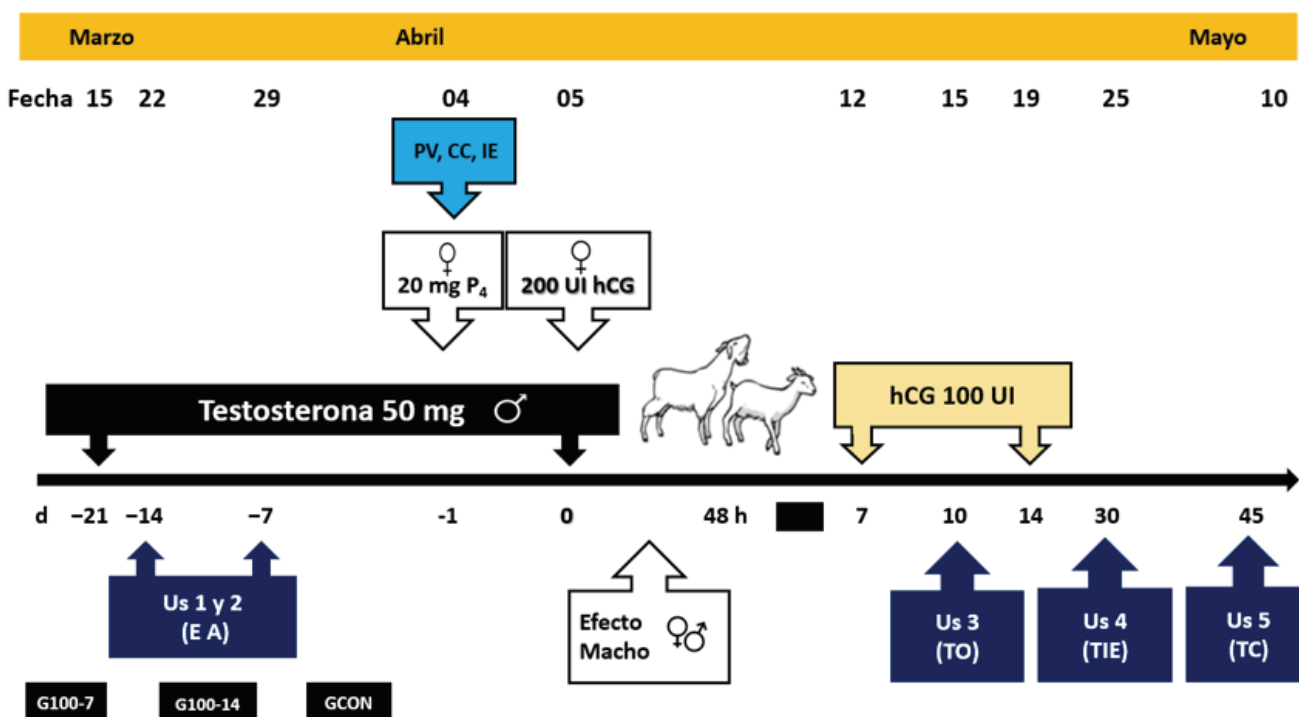
Se utilizaron machos cabríos encastados de razas alpina, nubia y criollo o local de la Comarca Lagunera (n= 4; 2-4 años). Fueron tratados con una aplicación de 50 mg de testosterona (Testosterona-50, androgénico esteroide, i.m., Lab Brovel, Ciudad de México, México) cada tercer día durante tres semanas antes del inicio del ensayo (Luna-Orozco *et al.*, 2012).

Inmediatamente después del protocolo de inducción del estro, y una vez que se confirmó el estado de estro, todas las cabras (n= 54) fueron empadradas (abril) mediante monta directa por los machos cabríos, previamente tratados con testosterona. Una vez que todas las cabras fueron empadradas (n= 54, fueron distribuidas en tres tratamientos experimentales considerando una dosis de hCG (100 UI, Chorulon®, Intervet, Ciudad de México, México) y dos tiempos de aplicación (7 y 14 d post-empadrede), más el grupo Control. Por tanto, los grupos experimentales se conformaron de la siguiente forma: (1). G100-7 (n = 18) 100 UI, hCG 7 días después de la monta, (2). G100-14 (n = 18) 100 UI de hCG, 14 días después de la monta, (3). GCON (n= 18) 0,5 ml de solución salina 7 y 14 (dos aplicaciones) días después del empadrede para homogenizar las condiciones de la aplicación de la hormona con respecto a los grupos experimentales. En los grupos experimentales se aplicó la hCG i.m. entre las 08:00 y las 09:00 en el cuello, ya sea 7 o 14 días después del empadrede. Por lo tanto, el posible efecto de estos tres tratamientos experimentales sobre la implantación embrionaria y otras variables reproductivas fueron evaluadas, tal como se muestra en la Figura 1.

#### ALIMENTACIÓN

Todas las cabras se alimentaron bajo el sistema de pastoreo extensivo sedentario predominante en la Comarca Lagunera con diferentes rutas de pastoreo definidas importantes en el sistema de

producción caprina donde predomina la siguiente vegetación: buffel (*Cenchrus ciliaris*), bermuda (*Cynodon dactylon*), navajita (*Bouteloua spp.*), Johnson (*Sorghum halepense*), chamizo (*Atriplex canescens*) así como rebrotes vegetales y frutos de mezquite (*Prosopis glandulosa*), huizache (*Acacia farnesiana*), arbustos y esquilmos de cosecha de sorgo, melón, sandía, algodón y avena forrajera. (INIFAP, 2010). Las cabras salían al pastoreo a las 10:00 h y regresaban al corral a las 18:00 h. Se ordeñaban a mano una vez al día (07:00 h). Todas las cabras fueron desparasitadas de manera subcutánea (Ivermectina al 1%, Baymec, Bayer, Ciudad de México, México), vitaminadas con vitaminas A, (500,000 UI) D3, (75,000) E (50 mg) (Vigantol ADE + Selenio 250 mL, Zapopan Jalisco México). Un mes antes del inicio del estudio agua, sombras y sales minerales (17% P, 3% Mg, 5% Ca y 75% NaCl) estuvieron disponibles y a libre acceso.



**Figura 1.** Representación esquemática del protocolo experimental. La aplicación de una dosis (100 UI) de hCG en dos tiempos diferentes (7 y 14 d) post-empadre. Ultrasonido (Us) fue realizado para determinar estado anovulatorio (EA), tasa ovulatoria (TO), tasa de implantación embrionaria (TIE) y tasa de concepción (TC) en cabras anovulatorias en condiciones extensivas (abril, 25°LN).

## Variables de respuesta:

### TASA OVULATORIA, ÁREA LUTEAL.

La tasa ovulatoria se determinó mediante ecografía el día 10 posterior al empadre; además se determinó el área lútea considerando el diámetro del cuerpo lúteo observado en la ecografía transrectal utilizando el mismo equipo de ultrasonido. (Doppler color (Chison ECO-5, con sonda de 12 pulgadas).

### TASA DE IMPLANTACIÓN EMBRIONARIA Y OTRAS VARIABLES REPRODUCTIVAS

En el día 30 post-empadre, la tasa de implantación embrionaria se determinó por vía transrectal a través de una ecografía con equipo Doppler color (Chison ECO-5, con sonda de 12 pulgadas); en este momento, el proceso de implantación embrionaria debería haber ocurrido en el útero. La tasa de implantación embrionaria se determinó de acuerdo con el número de embriones/hembra gestante. Otras variables de respuesta reproductiva recopiladas durante el periodo experimental

fueron: la tasa de concepción: determinado el día 45 post-empadre, considerando las cabras preñadas / cabras empadradas, tasa de fertilidad: tomando en cuenta el número de hembras preñadas que parieron, tasa de prolificidad: determinada en el parto y considerando el número de crías nacidos por hembra con parto.

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables de respuesta diámetro del cuerpo lúteo (DCL), área del cuerpo lúteo (ACL, mm<sup>2</sup>), tasa ovulatoria (TO), número de embriones (NE), fueron analizadas a través de un ANOVA. Posteriormente se llevó a cabo la prueba post hoc de Tukey cuando fue necesario. Con respecto a las variables de porcentaje, tasa de concepción (TC), tasa de fertilidad (TFR), tasa de prolificidad (TPR), tasa de implantación embrionaria (TIE), se utilizó la prueba no paramétrica de X<sup>2</sup>. Dado que todos los tratamientos experimentales fueron evaluados individualmente, cada cabra dentro del grupo experimental se definió como la unidad experimental. Se aceptaron diferencias entre tratamientos si  $p < 0,05$ . Todos los análisis se calcularon mediante los procedimientos de SAS (SAS Inst. Inc. Versión 9.4, Cary, Carolina del Norte, Estados Unidos).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación soportan el objetivo de trabajo la cual establece la evaluación de una dosis de 100 UI de hCG en cabras en anestro estacional en condiciones extensivas, sobre el porcentaje de implantación embrionaria utilizando efecto macho en el empadre. En efecto los valores más altos para las variables de respuesta, área luteal, cabras con dos cuerpos lúteos, tasa de implantación embrionaria, tasa de concepción y tasa de fertilidad, favorecieron al G100-14. Es decir, hubo efecto positivo de la aplicación de la hormona hCG en cabras en pastoreo durante el anestro estacional dos semanas después del empadre tradicional con monta directa. En este sentido la hormona hCG favorece la ovulación, así como la mayor área luteal, y en otros estudios se ha reportado el incremento en los niveles de secreción de progesterona por el cuerpo lúteo, repercutiendo en la mayor tasa de implantación embrionaria (Días *et al.*, 2022; Rodrigues *et al.*, 2022).

Como se observa claramente en el Cuadro 1, no existieron diferencias ( $p > 0,05$ ) para las variables de tasa ovulatoria y número de embriones. Sin embargo, resulta interesante el efecto positivo de la dosis de 100 UI de hCG sobre las variables de cabras con dos CL, área luteal, y tasa de implantación embrionaria donde existieron diferencias ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos favoreciendo al G100-14. Esta información coincide con lo reportado por (Khan *et al.*, 2007) quienes evaluaron el uso de análogos de GnRH y hCG en ovejas para determinar el efecto el día 12 de gestación sobre la función ovárica, las concentraciones plasmáticas de hormonas, el crecimiento del concepto y la placentación, resultando mejores tratamientos donde se utilizaron las hormonas análogas con respecto al grupo control. De igual manera en cabras de la raza Toggenburg se utilizó la hormona hCG en dosis de 300 UI sobre la función ovárica, tasa de preñez, formación de cuerpos luteos accesorios y área luteal resultando el mejor tratamiento el grupo tratado en referencia con el grupo testigo para estas variables (Fernandez *et al.*, 2019).

**Cuadro 1.** Medias de mínimos cuadrados  $\pm$  error estándar para la tasa ovulatoria (TO), área luteal (AL), número de embriones (NE), tasa de implantación de embriones (TIE), índice de eficiencia embrionaria- 1 (IEE-1) e índice de eficiencia embrionaria-2 (IEE-2) según el tratamiento experimental considerando una dosis de hCG (100 UI) y aplicada en dos momentos diferentes (7 y 14 d), y el Grupo control (CONT) después del efecto macho en cabras multirraciales, múltiparas en anestro estacional ( $n = 54$ , Alpina, Saanen, Nubia x Criollo) manejadas en condiciones extensivas en el norte de México (abril, 25 ° N).

VARIABLES	GCON (n=18)	G100-7 (n=18)	G100-14 (n=18)	p VALOR
TO (n)	1.08±0.07	1.36±0.12	1.73±0.11	0.25
Cabras con dos CL	1/18 (5.55) <sup>b</sup>	4/18 (22.22) <sup>b</sup>	8/18 (44.44) <sup>a</sup>	0.02
ÁL (mm <sup>2</sup> )	97.28±5.6 <sup>b</sup>	128.79±6.11 <sup>b</sup>	162.86±10.97 <sup>a</sup>	0.03
NE (n)	1.08±0.24	1.77±0.13	1.62±0.21	0.28
T/E (n, %)	9/18 (50.0) <sup>b</sup>	13/18(72.72) <sup>a</sup>	13/18 (72.72) <sup>a</sup>	0.05

<sup>a,b</sup> Variables de respuesta con diferente superíndice dentro de las líneas difieren (p < 0.05).

En un estudio previo (Bustamante *et al.*, 2021) con hCG en diferentes dosis (100 y 300 UI) en diferente tiempo (7 y 14 días), después de la inseminación a tiempo fijo, se observó un efecto positivo sobre la mayor área luteal, mayor eficiencia embrionaria, luteogenesis y tasa de fecundidad, favoreciendo al G300-14 (300 UI hCG). Mientras que en este estudio se vio un efecto similar, pero con una dosis baja (100 UI hCG) utilizando el método tradicional de empadre en la Comarca Lagunera, monta directa, lo cual se reflejó en la mayor área luteal, mayor número de hembras con dos cuerpos lúteos, mayor tasa de implantación embrionaria, así como la tasa de concepción y tasa de fertilidad favoreciendo al G100-14 con respecto al G100-7 y GCON. Por lo cual resulta interesante establecer que la dosis baja de hCG promovió el mayor desarrollo embrionario en las diferentes etapas de la implantación embrionaria, tal como lo reporta Fernandez *et al.* (2019).

En lo que respecta a la variable de respuesta de tasa de concepción, no existieron diferencias entre los tratamientos (p>0.05). En contraste las variables de tasa de concepción y tasa de fertilidad (p<0.05) se comportaron de forma diferente entre los tratamientos, favoreciendo al G100-14, el cual no mostró pérdidas gestacionales del día 45 hasta el parto como se observa en la Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Medias de mínimos cuadrados ± error estándar para la tasa concepción (TC), tasa de fertilidad (TFR), tasa de prolificidad (TPR), según el tratamiento experimental considerando una dosis de hCG (100 UI) y aplicada en dos momentos diferentes (7 y 14 d), y el Grupo control (CONT) después del efecto macho en cabras multirraciales, multíparas en anestro estacional (n = 54, Alpina, Saanen, Nubia x Criollo) manejadas en condiciones extensivas en el norte de México (abril, 25 ° N).

VARIABLES	GCON (n=18)	G100-7 (n=18)	G100-14 (n=18)	p VALOR
TC (n, %)	8/18 (44.44) <sup>b</sup>	12/18 (66.66) <sup>a</sup>	13/18 (72.72) <sup>a</sup>	0.04
TFR (n, %)	7/18 (38.88) <sup>b</sup>	11/18 (61.11) <sup>a</sup>	13/18 (72.72) <sup>a</sup>	0.02
TPR (n)	0.9±0.21	1.4±0.12	1.7±0.11	0.65

<sup>a,b</sup> Variables de respuesta con diferente superíndice dentro de las líneas difieren (p < 0.05).

En este sentido el comportamiento de las variables de respuesta de tasa de concepción y tasa de fertilidad en este estudio coincide con lo reportado por (Vergani *et al.*, 2020) quienes evaluaron el efecto de la administración de hCG en ovejas sobre la tasa de concepción y tasa de prolificidad, resultando aquellas ovejas tratadas con hCG las que mostraron valores más altos con respecto al grupo control. De manera similar Cortes *et al.* (2020) reportaron mayor tasa de preñez en cabras de la raza Toggenburg en anestro estacional en el hemisferio sur utilizando hCG siete días después

de la detección del estro, sin embargo es importante establecer que en nuestro estudio el mejor éxito en estas variables de respuesta pudo haberse incrementado en otra época del año como transición reproductiva aunado a que en la Comarca Lagunera el sistema de producción predominante es el extensivo sedentario en el cual la disponibilidad en cantidad y calidad de la vegetación en los sitios de pastoreo es fluctuante a lo largo del año así como los residuos de cosecha (Serrato-Corona *et al.*, 2011) lo que repercute en la respuesta reproductiva de las hembras.

## CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en este estudio concluimos que el efecto de la hCG se vio reflejado directamente en las variables de respuesta: área lútea, ovulaciones dobles, tasa de implantación embrionaria, tasa de concepción y tasa de fertilidad a los 14 días del empadre. En este sentido la monta directa de los machos cabríos como método de empadre tradicional en la Comarca Lagunera y la dosis de hCG (100 UI) mejoraron la eficiencia lútea y embrionaria.

## CONFLICTO DE INTERÉS:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:

Conceptualización: (Jorge Arturo Bustamante Andrade), Curación de datos: (Jorge Arturo Bustamante Andrade, María Esther Ríos Vega), Análisis formal: (Luis Jesús Barrera Flores), Adquisición de fondos: (Apolinar González Mancilla) Investigación: (Jorge Arturo Bustamante Andrade), Metodología: (Amaury Esquivel Romo), Administración del proyecto: (Jorge Arturo Bustamante Andrade), Recursos: (Ulises Noel Gutiérrez Guzmán), Supervisión: (Luis Jesús Barrera Flores), Validación: Visualización (Luis Jesús Barrera Flores), Redacción: (Apolinar González Mancilla), borrador original: (Amaury Esquivel Romo), Redacción - revisión y edición: (Jorge Arturo Bustamante Andrade).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de esta investigación agradecen todas las atenciones brindadas a la familia De Lira propietarios del hato caprino donde se realizó el estudio. También se agradece la asistencia técnica de los alumnos de la FAZ-UJED durante el periodo experimental de esta investigación. En memoria del Dr. Santiago Zúñiga García (1983-2020).

## LITERATURA CITADA

- Alvarado-Espino, A.S., Menchaca, A., Meza-Herrera, C.A., Carrillo-Moreno, D.I., Zúñiga-García, S., Arellano-Rodríguez, F., Mellado, M., Véliz, F.G. (2019b). Ovarian response is not affected by the stage of seasonal anestrus or breed of goats when using a progesterone injection plus human chorionic gonadotropin-based protocol. *Animal Reproduction Science*, 204, 60–65. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.03.005>.
- Alvarado-Espino, A.S., Menchaca, A., Meza-Herrera, C.A., Mellado, M., Arellano, F., & Véliz, F. (2019a). Uso de progesterona inyectable y hCG para inseminación artificial a tiempo fijo durante la época no reproductiva en cabras. *Theriogenology*, 127, 21-25. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.12.035>.

- Alvarado-Espino, A. S., Meza-Herrera, C. A., Carrillo, E., González-Álvarez, V. H., Guillen-Muñoz, J. M., Ángel-García, O., & Véliz-Deras, F. G. (2016). Reproductive outcomes of Alpine goats primed with progesterone and treated with human chorionic gonadotropin during the anestrus-to-estrus transition season. *Animal reproduction science*, 167, 133-138. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.02.019>.
- Arrebola, F. A., Pardo, B., Sanchez, M., Lopez, M. D., & Perez-Marin, C. C. (2012). Factors influencing the success of an artificial insemination program in Florida goats. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(2), 338-344. <https://doi.org/10.5424/sjar/2012102-223-11>.
- Ayaseh, M., Mirzaei, A., Boostani, A., & Mehrvarz, M. (2021). The effect of prostaglandin and gonadotrophins (GnRH and hCG) injection combined with the ram effect on progesterone concentrations and reproductive performance of Karakul ewes during the non-breeding season. *Veterinary Medicine and Science*, 7(1), 148-155. <https://doi.org/10.1002/vms3.353>.
- Bustamante-Andrade, J. A., Meza-Herrera, C. A., Rodríguez-Martínez, R., Santos-Jiménez, Z., Ángel-García, O., Gaytán-Alemán, L. R., & Véliz-Deras, F. G. (2021). Luteogenesis and embryo implantation are enhanced by exogenous hCG in goats subjected to an out-of-season fixed-time artificial insemination protocol. *Biology*, 10(5), 429. <https://doi.org/10.3390/biology10050429>.
- Carrillo, E., Meza-Herrera, C. A., & Véliz, F. G. (2010). Estacionalidad reproductiva de los machos cabríos de la raza Alpino-Francés adaptados al subtrópico Mexicano. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(2), 169-178.
- Coleson, M. P., Sanchez, N. S., Ashley, A. K., Ross, T. T., & Ashley, R. L. (2015). Human chorionic gonadotropin increases serum progesterone, number of corpora lutea and angiogenic factors in pregnant sheep. *Reproduction*, 150(1), 43-52. <https://doi.org/10.1530/REP-14-0632>.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). producción agropecuaria y el clima - Región Lagunera. Boletín Informativo. Disponible en línea. (Acceso 02 de septiembre de 2024). [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/892297/BOLET\\_N\\_INF\\_AGROP\\_Y\\_CLIMA\\_No\\_1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/892297/BOLET_N_INF_AGROP_Y_CLIMA_No_1.pdf)
- Contreras-Villarreal, V., Meza-Herrera, C. A., Rivas-Muñoz, R., Angel-Garcia, O., Luna-Orozco, J. R., Carrillo, E., ... & Véliz-Deras, F. G. (2016). Reproductive performance of seasonally anovular mixed-bred dairy goats induced to ovulate with a combination of progesterone and eCG or estradiol. *Animal Science Journal*, 87(6), 750-755. <https://doi.org/10.1111/asj.12493>.
- Dehkordi, R. S., Mirzaei, A., & Boostani, A. (2022). Reproductive efficiency of treated Karakul ewes with short-term progesterone and hCG injections during the non-breeding and breeding seasons. *Animal Reproduction Science*, 239, 106969. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2022.106969>.
- Dias, J. H., Gonçalves, J. D., Arrais, A. M., Batista, R. I. T. P., Souza-Fabjan, J. M. G., Bastos, R., ... & Fonseca, J. F. (2022). Single dose of 300 IU hCG in the early luteal phase in superovulated ewes: effects on corpora lutea, progesterone profile, and embryo recovery. *Animal Reproduction Science*, 247, 107101. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2022.107101>.
- Dias, L. M. K., Sales, J. N. S., Viau, P., Barros, M. B. P., Nicolau, S. S., Simões, L. M. S., ... & Oliveira, C. A. D. (2018). Although it induces synchronized ovulation, hCG reduces the fertility of Santa Ines ewes submitted to TAI. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70(01), 122-130. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9679>.
- Escareño, L., Salinas-González, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J., & Meza-Herrera, C. (2012). Dairy goat production systems: status quo, perspectives and challenges. *Tropical animal health and production*, 45, 17-34. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0246-6>.
- Fenelon, JC (2024). Nuevos conocimientos sobre cómo inducir y mantener la diapausa embrionaria en el blastocisto. *Current Opinion in Genetics & Development* 86, 102-192.
- Fernandez, J., Bruno-Galarraga, M. M., Soto, A. T., de la Sota, R. L., Cueto, M. I., Lacau-Mengido, I. M., & Gibbons, A. E. (2019). Effect of GnRH or hCG administration on Day 4 post insemination on reproductive performance in Merino sheep of North Patagonia. *Theriogenology*, 126, 63-67. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.12.008>.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). Boletín técnico. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana: Estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Zacatecas,

- Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Durango y San Luis Potosí. 2: 13-78 SAG. México. Available online: <http://www.gob.mx/inifap/archivo/documentos/coeficientesdeagostader> (accessed on 1 March 2010).
- Isidro-Requejo, L. M., Meza-Herrera, C. A., Pastor-López, F. J., Maldonado, J. A., & Salinas-González, H. (2019). Physicochemical characterization of goat milk produced in the Comarca Lagunera, Mexico. *Animal Science Journal*, 90(4), 563-573. <https://doi.org/10.1111/asj.13173>.
- Kawate, N., Yamazaki, M., Tamada, H., Inaba, T., & Sawada, T. (2002). Effect of low dose of hCG on induction of fertile estrus in Shiba goats pretreated intravaginally with progesterone during the early postpartum nursing period. *Journal of Reproduction and Development*, 48(5), 497-504. <https://doi.org/10.1262/jrd.48.497>.
- Khan, T. H., Beck, N. F., & Khalid, M. (2007). The effects of GnRH analogue (buserelin) or hCG (Chorulon) on Day 12 of pregnancy on ovarian function, plasma hormone concentrations, conceptus growth and placentation in ewes and ewe lambs. *Animal reproduction science*, 102(3-4), 247-257. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.11.007>.
- Luna-Orozco, J. R., Guillen-Muñoz, J. M., De Santiago-Miramontes, M. D. L. A., García, J. E., Rodríguez-Martínez, R., Meza-Herrera, C. A., ... & Véliz, F. G. (2012). Influence of sexually inactive bucks subjected to long photoperiod or testosterone on the induction of estrus in anovulatory goats. *Tropical animal health and production*, 44, 71-75. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-9889-y>.
- Mamo, S., Mehta, J. P., Forde, N., McGettigan, P., & Lonergan, P. (2012). Conceptus-endometrium crosstalk during maternal recognition of pregnancy in cattle. *Biology of reproduction*, 87(1), 6-1. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.112.099945>.
- Mellado, M. (2008). Técnicas para el manejo reproductivo de las cabras en agostadero. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 9(1), 47-63.
- Mellado, M., & Meza-Herrera, C. A. (2002). Influence of season and environment on fertility of goats in a hot-arid environment. *The Journal of Agricultural Science*, 138(1), 97-102. <https://doi.org/10.1017/S0021859601001630>.
- Mellado, M., Valdez, R., Lara, L. M., & Garcia, J. E. (2004). Risk factors involved in conception, abortion, and kidding rates of goats under extensive conditions. *Small Ruminant Research*, 55(1-3), 191-198. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.10.016>
- Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C. A., Herrera-Machuca, M. A., Macias-Cruz, U., & Veliz-Deras, F. G. (2020). Not all ruminants were created equal: Environmental and socio-economic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120237. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120237>
- Peter, A. T., Beg, M. A., Ahmad, E., & Bergfelt, D. R. (2018). Trophoblast of domestic and companion animals: basic and applied clinical perspectives. *Animal Reproduction (AR)*, 14(Supplement 1), 1209-1224. <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR973>
- Pohler, K. G., Green, J. A., Geary, T. W., Peres, R. F. G., Pereira, M. H. C., Vasconcelos, J. L. M., & Smith, M. F. (2015). Predicting embryo presence and viability. *Regulation of Implantation and Establishment of Pregnancy in Mammals: Tribute to 45 Year Anniversary of Roger V. Short's "Maternal Recognition of Pregnancy"*, 253-270. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-15856-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-15856-3_13).
- Pokharel, K., Peippo, J., Weldenegodguad, M., Honkatukia, M., Li, M. H., & Kantanen, J. (2020). Gene expression profiling of corpus luteum reveals important insights about early pregnancy in domestic sheep. *Genes*, 11(4), 415. <https://doi.org/10.3390/genes11040415>.
- Rodrigues, J. N. D., Guimarães, J. D., Oliveira, M. E. F., Dias, J. H., Arrais, A. M., de Sousa, M. A. P., ... & Fonseca, J. F. (2022). Human chorionic gonadotropin affects original (ovulatory) and induced (accessory) corpora lutea, progesterone concentrations, and pregnancy rates in anestrus dairy goats. *Reproductive Biology*, 22(1), 100591. <https://doi.org/10.1016/j.repbio.2021.100591>.
- Serrato-Corona, J., Sanchez Duarte, J. I., Murillo Ortiz, M., & Castellanos Perez, E. (2011). Oat hay apparent digestibility, rumen ammonia nitrogen and bun in goats supplemented with fermented molasses-poultry litter. *Journal of Veterinary Advances*. 25 808-8.

SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). Resumen Nacional. Población Ganadera, Avícola y Apícola. SAGARPA. 2024. Disponible en línea: [www.siap.gob.mx/ganaderia](http://www.siap.gob.mx/ganaderia) (Acceso el 30 de junio de 2023).

Spencer, T. E., & Bazer, F. W. (2004). Conceptus signals for establishment and maintenance of pregnancy. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 2, 1-15. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-2-49>.

Vergani, GB, da Fonseca, JF, Trevizan, JT, do Amaral Pereira, VS, Garcia, AR, Esteves, SN, ... & Oliveira, MEF (2020). Efectos luteotrópicos de la gonadotropina coriónica humana administrada 7,5 días después de la inducción estral sincrónica en ovejas Morada Nova. *Animal Reproduction Science*, 223, 106644. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106644>.

Walkden-Brown, S. W., Restall, B. J., Scaramuzzi, R. J., Martin, G. B., & Blackberry, M. A. (1997). Seasonality in male Australian cashmere goats: long term effects of castration and testosterone or oestradiol treatment on changes in LH, FSH and prolactin concentrations, and body growth. *Small Ruminant Research*, 26(3), 239-252. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(97\)00017-5](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00017-5).