

La bioestimulación sexual periconcepcional induce concepción anticipada, pero no mejora la fertilidad ni la eficiencia reproductiva en cabras

Periconceptual sexual biostimulation induces early conception but does not improve fertility or reproductive efficiency in goats

Juan M. Vázquez-García¹✉, Cesar A. Meza-Herrera²✉, Venancio Cuevas-Reyes³✉, Luisa E.S. Hernández-Arteaga¹✉, Jaime M. Cavazos-Galindo⁴✉, Cesar A. Rosales-Nieto^{1,a,*}✉

¹ Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma San Luis Potosí, San Luis Potosí 78321, México.

² Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, 35230, México.

³ Campo Experimental Valle de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Texcoco 56250, CDMX, México.

⁴ Centro de Fomento Ganadero Vallecillo. Universidad Autónoma de Nuevo León, Nuevo León 65415, México.

^a Present address. Department of Agricultural Sciences. Texas State University, San Marcos, Tx 78666, USA.

RESUMEN

El efecto macho induce la actividad reproductiva en hembras caprinas, sin embargo, no se sabe si acelera el tiempo de concepción e incrementa la eficiencia reproductiva. En un análisis retrospectivo (2019-2021), se analizaron 415 registros reproductivos de hembras caprinas (Saanen-Alpina) con (n = 314; H-CON) o sin (n = 101; H-SIN) experiencia sexual para determinar si la bioestimulación sexual periconcepcional promueve una concepción anticipada después de la introducción de machos fértiles, aumenta la proporción de hembras gestantes en el primer ciclo reproductivo, e incrementa la eficiencia reproductiva. Previo al empadre, las hembras fueron (n = 292; H-EM) o no (n = 123; H-NEM) estimuladas con machos vasectomizados por 21 d y posteriormente empadradas con machos fértiles en monta natural por 42 d. H-NEM y H-SIN ($P \leq 0.001$) quedaron gestantes más rápidamente (10 d) que H-CON (13 d) y H-EM (16 d). Una alta proporción de H-NEM (95 %) y H-EM (72 %) anticiparon la concepción a su primer ciclo reproductivo ($P \leq 0.001$). El peso al inicio del empadre, o experiencia no influyó el ciclo de concepción ($P \leq 0.05$). La tasa de fertilidad estuvo influenciada por la experiencia sexual (H-CON: 96 % vs H-SIN: 53 %) y el peso al inicio del empadre ($P \leq 0.001$), pero no por el efecto de la bioestimulación ($P \geq 0.05$). La tasa reproductiva (número de fetos por cada 100 hembras expuestas a machos fértiles) no estuvo influenciada por la bioestimulación (H-EM: 130 % vs H-NEM: 157 %; $P \leq 0.05$), experiencia sexual (H-CON: 157 % vs H-SIN: 79 %), y el peso al inicio del empadre ($P \leq 0.001$). Se concluye que la experiencia sexual y las hembras más pesadas al momento del empadre fueron más fértiles y prolíficas. La bioestimulación sexual periconcepcional promueve una concepción anticipada.

Palabras clave: Efecto macho, Experimentada, joven, Alpina, Saanen.

ABSTRACT

The male effect induces reproductive activity in female goats; however, it is not known whether it accelerates conception

time and increases reproductive efficiency. In a retrospective analysis (2019-2021), 415 reproductive records of female goats (Saanen-Alpine) with (n = 314; H-CON) or without (n = 101; H-SIN) sexual experience were analyzed to determine whether periconceptual sexual biostimulation promotes earlier conception after the introduction of fertile males; the results showed an increase in the proportion of pregnant females in the first reproductive cycle, as well as in the reproductive efficiency. Prior to breeding, females were (n = 292; H-EM) or not (n = 123; H-NEM) stimulated with vasectomized males for 21 days and subsequently bred with fertile males in natural mating for 42 d. H-NEM and H-SIN ($P \leq 0.001$) became pregnant more quickly (10 days) than H-CON (13 days) or H-EM (16 d). A high proportion of H-NEM (95 %) or H-EM (72 %) anticipated conception to their first reproductive cycle ($P \leq 0.001$). Weight at the beginning of breeding or experience did not influence the conception cycle ($P > 0.05$). Fertility rate was influenced by sexual experience (H-CON: 96 % vs H-SIN: 53 %) and weight at the beginning of breeding ($P \leq 0.001$), but not by biostimulation ($P > 0.05$). Reproductive rate (number of fetuses per 100 females exposed to fertile males) was not influenced by biostimulation (H-EM: 130 % vs H-NEM: 157 %; $P \leq 0.05$), sexual experience (H-CON: 157 % vs H-SIN: 79 %), and weight at the start of breeding ($P \leq 0.001$). It is concluded that sexual experience and heavier females at the time of breeding were more fertile and prolific. Periconceptual sexual biostimulation promotes earlier conception.

Keywords: Experienced, young, male effect, Alpine, Saanen.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de pequeños rumiantes, como caprinos y ovinos, desempeñan un papel fundamental en la seguridad alimentaria global, particularmente en regiones semiáridas y áridas (Romeo *et al.*, 2016). Ante el crecimiento sostenido de la población humana y la consecuente demanda creciente de productos de origen animal, se vuelve imperativo mejorar la eficiencia de los sistemas productivos (Miassi y Dossa, 2023). Entre los factores clave que determinan la

*Autor para correspondencia: Cesar A. Rosales-Nieto,
Correo-e: nieto_cesar@hotmail.com; cesar.rosales@txstate.edu

Recibido: 18 de mayo de 2025

Aceptado: 21 de Agosto de 2025

Publicado: 18 de septiembre de 2025

productividad y rentabilidad de las unidades pecuarias, la eficiencia reproductiva ocupa un lugar destacado (Young *et al.*, 2014). En este contexto, el desarrollo de estrategias simples y de bajo costo que optimicen la reproducción resulta esencial para mejorar la sostenibilidad del sistema. Una alternativa viable en pequeños rumiantes es la bioestimulación sexual, también conocida como “efecto macho”, la cual se basa en la exposición de las hembras a estímulos olfativos, visuales y comportamentales de machos sexualmente activos. Esta técnica induce respuestas neuroendocrinas que estimulan la actividad reproductiva (Tirindelli *et al.*, 2009; Fabre-Nys *et al.*, 2015). En particular, las ferohormonas-moléculas volátiles y no volátiles emitidas por los machos—son detectadas por el órgano vomeronasal de las hembras y desencadenan una cascada de señalización sensorial y hormonal que involucra la activación de neuronas kisspeptinas y de GnRH en el hipotálamo, promoviendo la secreción de gonadotropinas y, en consecuencia, la ovulación y el comportamiento sexual (Vandenbergh, 2006; Dehnhard, 2011; Murata *et al.*, 2014; Fabre-Nys *et al.*, 2015; 2017).

El efecto macho ha sido ampliamente documentado en diversas especies domésticas, incluyendo cerdos, cabras, ovejas y bovinos, y se ha asociado con mejoras en la eficiencia reproductiva y productiva (Landaeta-Hernández *et al.*, 2023). En ovejas, esta técnica puede adelantar la pubertad, facilitando el empadre a edades más tempranas (Kenyon *et al.*, 2012; Ungerfeld, 2016), lo que conlleva beneficios biológicos, genéticos y económicos (Rosales-Nieto *et al.*, 2018; Kenyon y Corner-Thomas, 2022). Más aún, estudios recientes en ovejas muestran que aplicar la bioestimulación sexual en el periodo periconcepcional puede sincronizar los ciclos estrales e inducir la ovulación, aumentando el porcentaje de hembras gestantes durante los primeros 17 d del empadre (Rosales-Nieto *et al.*, 2024). Esta sincronización concentra los partos, lo cual mejora el manejo neonatal, la nutrición posnatal y la comercialización de los corderos.

A pesar de sus ventajas, la eficacia de la bioestimulación puede variar según la especie, el genotipo y la experiencia sexual de las hembras. En ovinos, se ha observado que las hembras con experiencia sexual muestran una mayor respuesta que las nulíparas (Gelez *et al.*, 2006; Ungerfeld, 2016). Además, persiste la incertidumbre respecto a si los efectos observados se deben a la bioestimulación *per se* o a factores confusos como el peso corporal al empadre (Kenyon *et al.*, 2005, 2006). La tasa ovulatoria y la fertilidad están moduladas por factores genéticos (Cui *et al.*, 2024; Getaneh *et al.*, 2024; Montgomery, 2024; Chen *et al.*, 2025), pero también por señales metabólicas asociadas al peso corporal y estado fisiológico (Corner-Thomas *et al.*, 2015; Rosales-Nieto *et al.*, 2021). Recientemente, Rosales-Nieto *et al.* (2024) demostraron que en ovejas multiparas y nulíparas (empadradas por primera vez a los 8 meses), la bioestimulación sexual periconcepcional incrementó tanto la tasa de gestación como el número de fetos, siendo el efecto más pronunciado en hembras jóvenes. Sin embargo, este fenómeno no ha sido explorado en cabras, y es necesario evaluar si los efectos beneficiosos

observados en ovinos son extrapolables a caprinos, especialmente considerando la experiencia sexual de las hembras. La hipótesis fue que la bioestimulación sexual periconcepcional incrementa la eficiencia reproductiva en hembras caprinas, con o sin experiencia sexual. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar si la aplicación de bioestimulación sexual periconcepcional reduce el intervalo a la concepción, incrementa la proporción de hembras gestantes en el primer ciclo reproductivo, y mejora las tasas de fertilidad y eficiencia reproductiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio y ética animal

El estudio fue realizado en la unidad caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (100° 51' 40.49" O y 22° 13' 56.63" N). Todos los procedimientos en este estudio fueron consistentes con la guía del Consejo Nacional de Investigación para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (NAM, 2010) y cumplieron con las normas de ARRIVE para informar sobre investigaciones con animales (Kilkenny *et al.*, 2010).

Animales y diseño experimental

En un análisis retrospectivo, se analizaron 415 registros reproductivos de tres años consecutivos de hembras caprinas de las razas Saanen (n = 135) y Alpina (n = 280) con (H-CON) y sin (H-SIN) experiencia reproductiva de la Unidad Caprina de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP (Cuadro 1). Se consideró la experiencia con base en hembras jóvenes empadradas por primera vez a los 9 meses de edad o hembras con experiencia teniendo al menos un periodo de empadre o un parto. Previo al empadre, las hembras fueron estimuladas (n = 292; H-EM) y no estimuladas (n = 123; H-NEM) con machos vasectomizados por 21 d. Los machos se mantuvieron separados y en diferentes corrales de las hembras previo a la estimulación y no recibieron testosterona exógena. Posteriormente, las hembras fueron empadradas de manera natural con machos enteros y el periodo tuvo una duración de 42 d.

Las H-NEM (n = 123) fueron expuestas únicamente a machos enteros con igual manejo por un periodo de 42 d. Todas las hembras fueron pesadas al inicio del empadre con una báscula digital (EQM 400; TORREY®) con una sensibilidad de 0.01 kg. La dieta para todas las hembras fue a base de heno de avena, alfalfa y ensilado de maíz que cubrieron los requerimientos nutricionales (NRC, 2007). Los estudios de retrospectiva permiten analizar información a través del tiempo utilizando análisis de regresión que incluye resultados binomiales o multinomiales y efectos aleatorios. Este tipo de análisis es común en investigaciones médicas donde se utilizan análisis retrospectivos considerando múltiples sitios y a menudo se centran en una condición específica, tienen muchos datos faltantes sobre puntos finales específicos y no tienen controles sanos con los que comparar la condición patológica (Talari y Goyal, 2020). En este análisis en retrospectiva, las condiciones fueron las más homogéneas posibles;

pero no el número de observaciones por condición debido al número de animales disponibles en la Unidad Caprina de la Universidad (Cuadro 1). Posterior al empadre, se determinó si la hembra estaba gestante o no y el número de crías en diferentes etapas post-empadre mediante ecografía transabdominal (Samsung Medison SA-600 y con un transductor convexo de 3.5 MHz; Samsung Co. Seoul, South Korea).

Cuadro 1. Peso al inicio del empadre de hembras con (H-CON) y sin (H-SIN) experiencia sexual que fueron sometidas (H-EM) y no (H-NEM) a la bioestimulación sexual previo al empadre *(media±EEM).

Table 1. Weight at the beginning of female breeding with (H-CON) or without (H-SIN) sexual experience, subjected (H-EM) or not (H-NEM) to sexual bioestimulation prior to breeding.

Experiencia	Bioestimulación	n	Media(kg)*
H-CON	H-NEM	120	44.3±0.5
	H-EM	194	49.1±0.4
H-SIN	H-NEM	45	23.3±0.6
	H-EM	56	22.8±0.5

Variables de respuesta

Días a la concepción y ciclo de concepción

El periodo de empadre duró 42 d (2 ciclos reproductivos). Al parto, se determinó la fecha, tamaño de camada, y el sexo de las crías. En base en la fecha de parto, se determinó el día (posterior al inicio del empadre) y ciclo de concepción (1ero o 2ndo) en el cual se considera que la hembra quedó gestante. Dicha información fue calculada mediante la fórmula de fecha al parto – fecha al inicio del periodo de empadre. La duración de la gestación se consideró de 150 d.

Tasa de fertilidad y reproductiva

En base a la información registrada al momento del parto, se calculó la tasa de fertilidad (número de cabras paridas / número de cabras expuestas al macho X 100) y la tasa de reproducción (número de crías nacidas / número de hembras paridas).

Análisis estadísticos

La información fue analizada con el paquete estadístico SAS versión 9.4 (2023). La información sobre los d a la concepción se analizó mediante modelos mixtos y técnica de estimación de máxima verosimilitud restringida (PROC MIXED). La información sobre el ciclo de concepción y tasa de fertilidad se analizaron mediante modelos lineares generalizados mixtos con distribución binomial y enlace logic (PROC GLIMMIX). La tasa reproductiva se analizó mediante modelos lineares generalizados mixtos con distribución multinomial y enlace logic (PROC GLIMMIX). Los efectos fijos fueron experiencia (H-CON vs H-SIN) y bioestimulación sexual (H-EM vs H-NEM). En los análisis, el peso al inicio del empadre se agregó como covariable. Dado que la respuesta productiva y reproductiva ha demostrado ser similar entre genotipos: Alpina y Saanen (Hernández-Arteaga *et al.*, 2025) no fue considerada en el análisis estadístico como efecto fijo. Se incluyeron en cada modelo interacciones bidireccionales entre el efecto fijo y las covariables. Se excluyeron de los análisis las interacciones no

significativas ($P \geq 0.05$). Todos los datos se presentan como media±EEM. Las diferencias se declararon en $P \leq 0.05$.

RESULTADOS

Días a la concepción

Los días a la concepción posterior al inicio del empadre fue menor en las H-NEM (promedio 10 d) que H-EM (promedio 16 d; Cuadro 2; $P \leq 0.001$). El peso al inicio del empadre influyó en los días a la concepción ($P \leq 0.001$) esta relación fue positiva; al incrementar el peso al inicio del empadre incrementaba los días a la concepción. De manera similar, la experiencia sexual de la hembra influyó en los días a la concepción (H-CON: 13 d vs H-SIN: 9 d; $P \leq 0.001$; Cuadro 2).

Cuadro 2. Días a la concepción (DAC) (media±EEM) posterior al inicio de empadre de hembras con (H-CON) y sin (H-SIN) experiencia sexual y que recibieron (H-EM) y no (H-NEM) bioestimulación sexual antes del empadre.

Table 2. Conception days (DAC) (media±SEM) after females breeding with (H-CON) or without (H-SIN) sexual experience, receiving (H-EM) or not (H-NEM) sexual bioestimulation prior to breeding.

Experiencia	Bioestimulación	n	DAC
H-CON	H-NEM	120	10±0.5
	H-EM	194	15±1.0
H-SIN	H-NEM	45	9.5±0.5
	H-EM	56	9.5±1.0
$P > f$			≤ 0.001

Ciclo de concepción

De las H-NEM gestantes, el 95 % quedó gestante en su primer ciclo reproductivo y el resto en el segundo (Cuadro 3). De las H-EM que presentaron gestación, el 76 % fue en su primer ciclo reproductivo y el resto en el segundo ciclo. El ciclo de concepción fue significativo ($P \leq 0.001$). El peso al inicio del empadre y la experiencia no influyó el ciclo de concepción ($P \geq 0.05$).

Cuadro 3. Ciclo de concepción (primero o segundo) posterior al inicio del empadre con machos enteros y hembras que recibieron (H-EM) y no (H-NEM) bioestimulación sexual antes del empadre. La información combina los datos de hembras con o sin experiencia, respectivamente.

Table 3. Conception cycle (first or second) after the breeding between with males and females receiving (H-EM) or not (H-NEM) sexual bioestimulation prior to breeding. The information combines data of females with or without experience, respectively.

Ciclo de Concepción	Bioestimulación	
	H-NEM (%)	H-EM (%)
Primero	95	76
Segundo	5	24
$P > f$	≤ 0.001	

Fertilidad

Una mayor proporción de H-CON quedaron gestantes (96 %) en comparación con H-SIN (53 %; $P \leq 0.001$). El peso al inicio del empadre influyó positivamente en la fertilidad. Por cada 10 kg de incremento de peso corporal al inicio del empadre, la tasa de fertilidad incremento 6 % (Figura 1; $P \leq 0.001$). La bioestimulación sexual antes del periodo de empadre no influyó la tasa de fertilidad ($P \geq 0.05$).

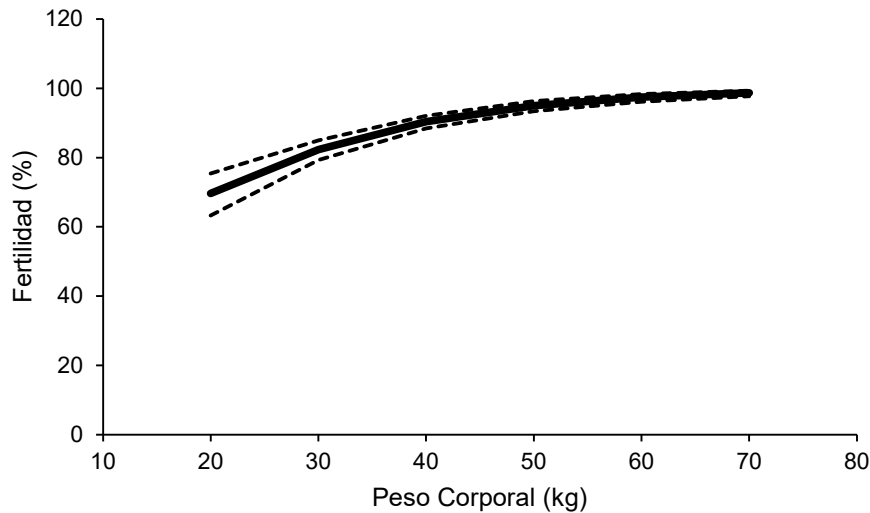


Figura 1. Relación entre el peso corporal al inicio del periodo de empadre y la tasa de fertilidad de hembras caprinas ($P \leq 0.001$; $R^2 = 0.89$). Los datos combinan la información de bioestimulación (H-EM y H-NEM) y experiencia (H-CON y H-SIN). Las líneas discontinuas representan los límites de confianza superior e inferior del 95 %.

Figure 1. Relationship between body weight at the beginning of the breeding period, and fertility rate of female goats ($P \leq 0.001$; $R^2 = 0.89$). Data combines bioestimulation (H-EM and H-NEM) and experience (H-CON and H-SIN) information. Dashed lines represent upper and lower confidence limits at 95 %.

Tasa reproductiva

La experiencia (H-CON y H-SIN) influyó en la tasa reproductiva (H-CON: 157 % vs H-SIN: 79 %; $P \leq 0.001$; Cuadro 4); así como el peso al inicio del empadre ($P \leq 0.001$). La bioestimulación sexual antes del empadre no incremento la tasa reproductiva (H-EM: 130 % vs H-NEM: 157 %; Cuadro 5; $P \leq 0.05$). El peso al inicio del empadre influyó positivamente la tasa reproductiva ($P < 0.001$).

Cuadro 4. Relación entre la experiencia sexual (H-CON o H-SIN) y la tasa reproductiva de hembras caprinas. La información combina los datos de hembras con (H-EM) y sin (H-NEM) bioestimulación sexual periconcepcional.

Table 4. Relationship between sexual experience (H-CON or H-SIN) and reproductive rate of female goats. Information combines data of females with (H-EM) and without (H-NEM) periconceptual sexual bioestimulation.

Numero de crías en vientre	Experiencia	
	H-CON (%)	H-SIN (%)
0	4.3	8.0
1	26.0	13.5
2	43.4	2.9
3	1.9	0.0
$P > f$	≤ 0.001	

DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó el efecto de la bioestimulación sexual periconcepcional sobre la eficiencia reproductiva de hembras caprinas con y sin experiencia sexual. En particular, se analizó si esta estrategia incrementa la proporción de concepciones tempranas, mejora la tasa de fertilidad y aumenta la prolificidad durante el primer ciclo reproductivo post-empadre. Los resultados del estudio indican que la bioestimula-

Cuadro 5. Relación entre la bioestimulación sexual antes del periodo de empadre con machos vasectomizados y la tasa reproductiva de hembras caprinas. La información combina los datos de hembras con (H-CON) o sin (H-SIN) experiencia sexual.

Table 5. Relationship between sexual bioestimulation before breeding period with vasectomized male, and reproductive rate of female goats. The information combines data of females with (H-CON) or without (H-SIN) sexual experience.

Numero de crías en vientre	Bioestimulación	
	H-NEM (%)	H-EM (%)
0	1.7	10.6
1	10.4	29.2
2	16.6	29.7
3	1.0	1.0
$P > f$	≤ 0.05	

ción sexual puede favorecer la sincronización reproductiva, al incrementar el número de hembras gestantes durante el primer ciclo estral tras la introducción de machos enteros. Sin embargo, este efecto no se tradujo en mejoras consistentes en la tasa de fertilidad o en la eficiencia reproductiva general cuando se controló por variables como el peso corporal o la experiencia sexual.

Contrario a lo esperado, se observó que las hembras no bioestimuladas (H-NEM) concibieron más rápidamente que aquellas que fueron expuestas a machos antes del empadre (H-EM). De forma similar, las hembras sin experiencia sexual (H-SIN) mostraron un menor intervalo a la concepción en comparación con las hembras experimentadas (H-CON). Esta aparente paradoja puede explicarse por la relación positiva observada entre el peso corporal al empadre y los días hasta la concepción. Lo que significa que al incorporar el peso

como covariable en el modelo estadístico, desaparecieron las diferencias inicialmente observadas, sugiriendo que el peso corporal puede ser un modulador clave de la respuesta a la bioestimulación sexual, al menos en hembras jóvenes, como ha sido reportado previamente (Fiol *et al.*, 2010; Kenyon *et al.*, 2012; Rosales-Nieto *et al.*, 2021). Estos hallazgos contrastan con los reportes recientes en ovinos, donde la bioestimulación sexual periconcepcional se ha asociado con una reducción significativa en los días a la concepción y un aumento en la tasa de gestación, tanto en hembras jóvenes como adultas (Rosales-Nieto *et al.*, 2024). Una posible explicación para esta discrepancia podría estar en las diferencias interespecíficas en la respuesta al efecto macho y posiblemente a la época reproductiva, gracias a la sensibilidad que este tipo de razas llegan a tener con estos factores, de igual manera es posible que por efecto del tratamiento no fueron completamente balanceados en términos de número de animales, experiencia sexual y peso corporal. Específicamente, un mayor número de hembras experimentadas y con mayor peso se concentró en el grupo de estimulado, lo que posiblemente pudo haber sesgado los resultados. Esto se debió a la disponibilidad de los animales en la Unidad Caprina al momento del estudio. A pesar de esta limitación, se observó que una alta proporción de hembras, tanto estimuladas (H-EM) como no estimuladas (H-NEM), concibieron durante el primer ciclo estral post-empadre. Este patrón sugiere que la bioestimulación puede tener un efecto positivo en la sincronización natural del estro, lo cual es relevante desde un punto de vista operativo, ya que permite concentrar los partos en un periodo más corto, facilitando el manejo neonatal y mejorando la supervivencia posnatal (Pettigrew *et al.*, 2021; Martin, 2022).

La tasa de fertilidad y reproductiva estuvieron fuertemente influenciadas por la experiencia sexual y el peso corporal de las hembras al empadre, más que por la bioestimulación en sí. Consideramos que las hembras jóvenes del presente estudio ya habían alcanzado la pubertad (Cuevas-Reyes *et al.*, 2025). Este hallazgo es consistente con estudios previos que indican que, al aumentar la edad cronológica y el peso corporal, se mejora la capacidad reproductiva, incluyendo la fertilidad y la prolificidad (Kenyon *et al.*, 2014; Campos Bueno Dias *et al.*, 2024; Rosales-Nieto *et al.*, 2021; Thompson *et al.*, 2021; 2024). De forma interesante, estos resultados difieren de algunos estudios en caprinos que han señalado que el peso al empadre no afecta la tasa reproductiva (Mellado *et al.*, 2005; Hernández-Arteaga *et al.*, 2025). Sin embargo, en ovinos se ha establecido una asociación positiva entre el peso al empadre y la tasa reproductiva, independientemente de la edad o experiencia (Rosales-Nieto *et al.*, 2015; 2021; Thompson *et al.*, 2024). Estos resultados plantean la hipótesis que señales metabólicas asociadas al tejido adiposo y muscular, más allá del peso corporal *per se*, podrían estar modulando la respuesta reproductiva (Rosales-Nieto *et al.*, 2019; Juengel *et al.*, 2021). Además, es plausible que factores como la madurez uterina, influenciada por la edad y la experiencia sexual, desempeñen un papel determinante en la capacidad para gestar múltiples fetos. Se ha documentado que las

hembras jóvenes tienden a concebir un solo feto, mientras que la experiencia reproductiva puede estar asociada con una mayor prolificidad (Haldar *et al.*, 2014; Pan *et al.*, 2015; Hernández-Arteaga *et al.*, 2025).

Por tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación sugieren que, si bien la bioestimulación sexual periconcepcional puede ser una herramienta útil para sincronizar los celos y reducir el intervalo a la concepción en ciertas condiciones, su efectividad está modulada por factores como el peso corporal y la experiencia reproductiva previa. Es necesario realizar estudios adicionales que permitan distinguir el efecto directo de las ferohormonas del “efecto macho” de otros factores fisiológicos y ambientales, e idealmente bajo condiciones de campo con grupos experimentales balanceados.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los resultados de este estudio indican que la bioestimulación sexual periconcepcional, bajo las condiciones experimentales evaluadas, no redujo los días a la concepción ni mejoró significativamente las tasas de fertilidad ni la tasa reproductiva en cabras con o sin experiencia sexual. En cambio, se identificaron el peso corporal al inicio del empadre y la experiencia sexual de la hembra como los principales factores determinantes de la eficiencia reproductiva. Desde una perspectiva aplicada, estos hallazgos son relevantes para los sistemas de producción caprina, ya que sugieren que estrategias de manejo enfocadas en optimizar la condición corporal y considerar la experiencia sexual de las hembras podrían ser más efectivas que la implementación aislada del efecto macho. No obstante, la bioestimulación sexual sigue siendo una herramienta de bajo costo, ecológicamente sostenible y libre de hormonas, con potencial para sincronizar partos, mejorar la eficiencia del manejo perinatal y facilitar la programación reproductiva en sistemas extensivos o semi-intensivos. Para maximizar su eficacia, su uso debe adaptarse al estado fisiológico de las hembras, especialmente en relación con el peso vivo y la madurez sexual al momento del empadre.

AGRADECIMIENTOS Y CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores agradecen a los estudiantes de la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución en la obtención de datos durante el desarrollo experimental. A Felipe Escalante Leura por el cuidado de los animales. A la Facultad de Agronomía y Veterinaria y a la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por el apoyo recibido. Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

EN MEMORIA

Dedicamos este trabajo a nuestro compañero y amigo Dr. Manuel de Jesús Flores Nájera (1968 - 2024), cuyo apoyo y amistad recordaremos siempre. Gracias por todos estos años. Descansa en paz.

LITERATURA CITADA

- Campos Bueno Dias, G., Freitas-de-Melo, A., Botino, J.P., Braga, M.J.F., Zanella, A.J., Osowski, G.V., Pérez-Clariget, R. y Ungerfeld, R. 2024. Multiparous ewes have greater mating success when competing with nulliparous ones. *Applied Animal Behaviour Science*, 281(1-5): e106443. ISSN: 0168-1591. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2024.106443>
- Chen, W., Han, Y., Chen, Y., Liu, X., Liang, H., Wang, C. y Khan, M.Z. 2025. Potential candidate genes associated with litter size in goats: A review. *Animals* 15(1): 82. <https://doi.org/10.3390/ani15010082>
- Corner-Thomas, R.A., Ridler, A.L., Morris, S.T. y Kenyon, P.R. 2015. Ewe lamb live weight and body condition scores affect reproductive rates in commercial flocks. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 58(1): 26-34. <https://doi.org/10.1080/00288233.2014.974766>
- Cuevas-Reyes, V., Flores-Sánchez, J., Ramírez de la Cruz, E., Vázquez-García, J.M., Hernández-Arteaga, L.E.S., Sims R., Cavazos-Galindo, J.M., Mellado, M. y Rosales-Nieto, C.A. 2025. Effects of prenatal herbal methionine supplementation on growth indices, onset of puberty, blood metabolites, and fertility of Alpine doelings. *Biology* 14(3):237. <https://doi.org/10.3390/biology14030237>
- Cui, W., Wang, H., Li, J., Lv, D., Xu, J., Liu, M. y Yin, G. 2024. Sheep litter size heredity basis using genome-wide selective analysis. *Reproduction in Domestic Animals* 59(7): e14689. <https://doi.org/10.1111/rda.14689>
- Dehnhard, M. 2011. Mammal semiochemicals: understanding pheromones and signature mixtures for better zoo-animal husbandry and conservation. *International Zoo Yearbook* 45(1): 55-79. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1090.2010.00131.x>
- Fabre Nys, C., Kendrick, K.M. y Scaramuzzi, R.J. 2015. "The ram effect": New insights into neural modulation of the gonadotropic axis by male odors and socio-sexual interactions. *Frontiers in Neuroscience* 9(9): e111. <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00111>
- Fabre-Nys, C., Cognié, J., Dufourny, L., Ghenim, M., Martinet, S., Lasserre, O., Lomet, D., Millar, R.P., Ohkura, S. y Suetomi, Y. 2017. The two populations of kisspeptin neurons are involved in the ram-induced LH pulsatile secretion and LH surge in anestrus ewes. *Endocrinology* 158(11): 3914-3928. <https://doi.org/10.1210/en.2017-00429>
- Fiol, C., Quintans, G. y Ungerfeld, R. 2010. Response to biostimulation in peri-puberal beef heifers: influence of male-female proximity and heifer's initial body weight. *Theriogenology* 74(4): 569-575. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.03.015>
- Gelez, H. y Fabre-Nys, C. 2006. Role of the olfactory systems and importance of learning in the ewes' response to rams or their odors. *Reproduction Nutrition Development* 46(4): 401-415. <https://doi.org/10.1051/rnd:2006021>
- Getaneh, M., Taye, M., Alemayehu, K., Haile, A., Getachew, T. y Ayalew, W. 2024. A review on candidate genes associated with sheep fertility traits: Implications for genetic improvement of indigenous sheep breeds in developing countries. *Ecological Genetics and Genomics* 31: e100243. <https://doi.org/10.1016/j.egg.2024.100243>
- Haldar, A., Pal, P., Datta, M., Paul, R., Pal, S.K., Majumdar, D., Biswas, C.K. y Pan, S. 2014. Prolificacy and its relationship with age, body weight, parity, previous litter size and body linear type traits in meat-type goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 27(5): 628-634. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13658>
- Hernández-Arteaga, L.E.S., Vázquez-García, J.M., Flores-Najera, M.J., Cuevas-Reyes, V., Mellado, M., Sims, R., Bruner, B., Cavazos-Galindo, J.M. y Rosales-Nieto, C.A. 2025. Evaluating reproductive outcomes in Saanen and Alpine doelings with suboptimal live weight and performance of their progeny. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 23(1): e21200. <https://doi.org/10.5424/sjar/2025231-21200>
- Juengel, J.L., Cushman, R.A., Dupont, J., Fabre, S., Lea, R.G., Martin, G.B., Mossa, F., Pitman, J.L., Price, C.A. y Smith, P. 2021. The ovarian follicle of ruminants: the path from conceptus to adult. *Reproduction, Fertility and Development* 33: 621-642. <https://doi.org/10.1071/rd21086>
- Kenyon, P.R., Morel, P.C.H., Morris, S.T. y West D.M. 2005. The effect of individual liveweight and use of teaser rams prior to mating on the reproductive performance of ewe hoggets. *New Zealand Veterinary Journal* 53(5): 340-343. <http://dx.doi.org/10.1080/00480169.2005.36571>
- Kenyon, P.R., Morel, P.C.H., Morris, S.T., Burnham, D.L. y West, D.M. 2006. The effect of length of use of teaser rams prior to mating and individual liveweight on the reproductive performance of ewe hoggets. *New Zealand Veterinary Journal* 54 (2): 91-95. <https://doi.org/10.1080/00480169.2006.36618>
- Kenyon, P.R., Viñoles, C. y Morris, S.T. 2012. Effect of teasing by the ram on the onset of puberty in Romney ewe lambs. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 55(3): 283-291. <https://doi.org/10.1080/00288233.2012.693105>
- Kenyon, P.R., Thompson, A.N. y Morris, S.T. 2014. Breeding ewe lambs successfully to improve lifetime performance. *Small Ruminant Research* 118(1-3): 2-15 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.022>
- Kenyon, P.R.; y Corner-Thomas, R.A. 2022. Breeding ewe lambs; AN Australasian perspective. *Animals* 12(22): e3207. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.022>
- Kilkenny, C., Browne, W.J., Cuthill, I.C., Emerson, M. y Altman, D.G. 2010. Improving bioscience research reporting: The ARRIVE guidelines for reporting animal research. *PLOS Biology* 8(6): e1000412. <https://doi.org/10.4103/0976-500X.72351>
- Landaeta-Hernández, A.J., Ungerfeld, R. y Chenoweth, P.J. 2023. Biostimulation and pheromones in livestock: A review. *Animal Reproduction Science* 248: e107154. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2022.107154>
- Martin, G.B. 2022. Frontiers in sheep reproduction - making use of natural responses to environmental challenges to manage productivity. *Animal Reproduction* 19(4): e20220088. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2022-0088>
- Mellado, M., Olivares, L., Lopez, R. y Mellado, J. 2005. Influence of lactation, liveweight, and lipid reserves at mating on reproductive performance of grazing goats. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 4(4): 420-423.
- Miassi, Y.E. y Dossa, K.F. 2023. Forecasting animal protein supply in Asia and Europe in light of climate change, population growth and land pressure. *Tropical Plants* 2:22. <https://doi.org/10.48130/TP-2023-0022>
- Montgomery, G.W. 2024. Genetic regulation of ovulation rate and multiple births. *Reproduction, Fertility and Development* 36: RD24083. <https://doi.org/10.1071/RD24083>
- Murata, K., Tamogami, S., Itou, M., Ohkubo, Y., Wakabayashi, Y., Watanabe, H., Okamura, H., Takeuchi, Y. y Mori, Y.

2014. Identification of an olfactory signal molecule that activates the central regulator of reproduction in goats. *Current Biology* 24(6): 681-686. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.01.073>
- NAM-National Academy of Medicine. 2010. Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. Co-Produced by the National Academy of Medicine–Mexico and the Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International, 1st ed.; Harlan: Mexico City, Mexico.
- NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids. Natl. Acad. Press, Washington, DC. USA. 292.
- Pan, S., Biswas, C.K., Majumdar, D., Sengupta, D., Patra, A., Ghosh, S. y Haldar, A. 2015. Influence of age, body weight, parity and morphometric traits on litter size in prolific Black Bengal goats. *Journal of Applied Animal Research* 43(1): 104-111. <https://doi.org/10.1080/09712119.2014.928623>
- Pettigrew, E.J., Hickson, R.E., Blair, H.T., Griffiths, K.J., Ridler, A.L., Morris, S.T. y Kenyon, P.R. 2021. Differences in lamb production between ewe lambs and mature ewes. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 64(4): 508-521. <https://doi.org/10.1080/00288233.2020.1713177>
- Romeo, A., Meerman, J., Demeke, M., Scognamiglio, A. y Asfaw, S. 2016. Linking farm diversification to household diet diversification: evidence from a sample of Kenyan ultra-poor farmers. *Food Security* 8(6): 1069-1085. <https://doi.org/10.1007/s12571-016-0617-3>
- Rosales-Nieto, C.A., Ferguson, M.B., Thompson, H., Briegel, J.R., Macleay, C.A., Martin, G.B. y Thompson, A.N.; 2015. Relationships among puberty, muscle and fat, and liveweight gain during mating in young female sheep. *Reproduction in Domestic Animals* 50(4): 637-642. <https://doi.org/10.1111/rda.12542>
- Rosales-Nieto, C.A., Thompson, A.N., y Martin, G.B. 2018. A new perspective on managing the onset of puberty and early reproductive performance in ewe lambs: A review. *Animal Production Science*; 58(11): 1967-1975. <https://doi.org/10.1071/AN17787>
- Rosales-Nieto, C.A., Ferguson, M.B., Briegel, J.R., Hedger, M.P., Martin, G.B. y Thompson, A.N. 2019. Pre-pubertal growth, muscle and fat accumulation in male and female sheep. Relationships with metabolic hormone concentrations, timing of puberty and reproductive outcomes. *Reproduction in Domestic Animals* 54(12): 1596-1603. <https://doi.org/10.1111/rda.13568>
- Rosales-Nieto, C.A., Ehrhardt, R., Mantey, A., Makela, B., Byrem, y Veiga-Lopez, A. 2021. Preconceptional diet manipulation and fetus number can influence placenta endocrine function in sheep. *Domestic Animal Endocrinology* 74: e106577. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106577>
- Rosales-Nieto, C.A., Thompson, A.N., Cuevas-Reyes, V., Hernández-Arteaga, L.E.S., Greeff, J.C., Ehrhardt, R., Veiga-Lopez, A. y Martin, G.B. 2024. Utilising male stimulus to improve the reproductive efficiency of 8-month-old nulliparous ewes and adult parous ewes. *Theriogenology* 217: 143-150. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.01.023>
- SAS Institute, 2023. SAS/Stat user's guide, version 9.4. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Talari, K. y Goyal, M. 2020. Retrospective studies – Utility and caveats. *Journal of the Royal College of Physicians of Edinburgh* 50(4): 398-402. doi: 10.4997/jrcpe.2020.409
- Tirindelli, R., Dibattista, M., Pifferi, S. y Menini, A. 2009. From pheromones to behavior. *Physiological Reviews* 89(3): 921-956. <https://doi.org/10.1152/physrev.00037.2008>
- Thompson, A.N., Bowen, E., Keiller, J., Pegler, D., Kearney, G. y Rosales-Nieto, C.A. 2021. The number of offspring weaned from ewe lambs is affected differently by liveweight and age at breeding. *Animals* 11(9): e2733. <https://doi.org/10.3390/ani11092733>
- Thompson, A.N., Ferguson, M.B., Kearney, G.A., Kennedy, A.J., Kubeil, L.J., Macleay, C.A., Rosales-Nieto, C.A., Paganoni, B.L. y Trompf, J.P. 2024. Additive impacts of liveweight and body condition score at breeding on the reproductive performance of Merino and non-Merino ewe lambs. *Animals* 14(6): 867. <https://doi.org/10.3390/ani14060867>
- Ungerfeld, R., 2016. Reproductive response of mature and nulliparous yearling ewes to the ram effect during the non-breeding season. *Small Ruminant Research* 140: 37-39. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.05.017>
- Vandenbergh, J.G. 2006. Chapter 37 - Pheromones and Mammalian Reproduction, In: Neill, J.D. (Ed.); Knobil and Neill's Physiology of Reproduction (Third Edition), Academic Press, St Louis, pp. 2041-2058.
- Young, J.M., Trompf, J. y Thompson, A.N. 2014. The critical control points for increasing reproductive performance can be used to inform research priorities. *Animal Production Science* 54(6): 645-655. <https://doi.org/10.1071/AN13269>