

Short Note [Nota corta]



EL RETORNO AL ANESTRO, LAS PÉRDIDAS EMBRIONARIAS Y LOS ABORTOS COMO PRINCIPALES CAUSAS QUE REDUCEN LA FERTILIDAD DE LAS CABRAS SOMETIDAS AL EFECTO MACHO †

[RETURN TO ANESTRUS, EMBRYO LOSSES AND ABORTIONS AS THE MAIN CAUSES REDUCING THE FERTILITY OF GOATS EXPOSED TO THE MALE EFFECT]

J.A. Delgadillo^{1*}, D. López-Magaña¹, H. Hernández¹,
J. Vielma¹, J.A. Abecia²

¹ Centro de Investigación en Reproducción Caprina, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fe, 27054 Torreón, Coahuila, México. Email: joaldesa@yahoo.com

² Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales. Facultad de Veterinaria. Calle de Pedro Cerbuna, 12, 50009, Zaragoza, España

*Corresponding author

SUMMARY

Background. In anestrus goats exposed to sexually active male goats ("male effect"), more than 90% display estrus and ovulate, but only 70% give birth. **Objective.** To determine the causes that reduce fertility at birth of goats exposed to the male effect. **Methodology.** Twenty-nine goats in seasonal anestrus that had a body condition of 1.3 ± 0.05 were used. Three adult male goats were exposed from November 1 to January 15 to artificial long days (16 h of light per day) followed by natural photoperiod. The three males were introduced into the group of goats on March 29, remaining with them for 15 days. Subsequently, from day 16 (April 13), only one male provided with a ventral harness to prevent copulation remained with the females until the end of the observations. Estrus, ovulations, pregnancies and their evolution over time were determined. **Results.** All goats were detected in estrus, and 28 of 29 ovulated. Most of the goats (23/29) were diagnosed pregnant 38 days after the introduction of males, and this proportion did not differ from that registered at 72 days (18/29; $P = 0.09$). Of the 23 females diagnosed pregnant at 38 days, 16 gave birth. Of the 13 goats that did not give birth, six returned to the anestrus after having presented estrus behavior associated or not with ovulations; four lost the embryo between days 45 and 58; one was diagnosed as pseudopregnant at 58 days and two aborted at 95 and 129 days of pregnancy. **Implications.** These results show that fertility at kidding is reduced in goats exposed to sexually active male goats, most likely due to the low body condition of the females. A nutritional supplementation could improve the fertility of females exposed to the male effect. **Conclusion.** The results obtained in this study allow us to conclude that returning to anestrus, embryo losses and abortions reduce the fertility of goats subjected to the male effect during the seasonal anestrus.

Key words: goats; male effect; estrous behavior; ovulation; post-implantation losses.

RESUMEN

Antecedentes. En cabras expuestas a machos cabríos sexualmente activos ("efecto macho") durante el anestro estacional, más del 90% presentan celo y ovulan, pero solamente alrededor del 70% llega a parir. **Objetivo.** Determinar las causas que reducen la fertilidad al parto de las cabras expuestas al efecto macho. **Metodología.** Se utilizaron 29 cabras en anestro estacional que tenían una condición corporal de 1.3 ± 0.05 . Tres machos cabríos adultos se expusieron del 1 de noviembre al 15 de enero a días largos artificiales (16 h de luz por día) seguidos del fotoperiodo natural. Los tres machos se introdujeron en el grupo de cabras el 29 de marzo, permaneciendo con ellas 15 días. Posteriormente, a partir del día 16 (13 de abril), solamente un macho provisto de arnés ventral para evitar copulaciones permaneció con las hembras hasta el final de las observaciones. Se determinaron los estros, las ovulaciones, las gestaciones y la evolución de éstas. **Resultados.** Todas las cabras fueron detectadas en estro, y 28 de 29 ovularon. La mayoría (23/29) de las cabras se diagnosticaron gestantes 38 días después de la introducción de los machos, y esta proporción no difirió de la registrada a los 72 días (18/29; $P = 0.09$). De las 23 hembras diagnosticadas gestantes a los 38 días, parieron 16. De las 13 cabras que no parieron, seis retornaron al anestro después de haber presentado celos asociados o no con ovulaciones; cuatro

† Submitted June 29, 2023 – Accepted November 2, 2023. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5041>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = J.A. Delgadillo: <https://orcid.org/0000-0001-8351-0660>; D. López-Magaña: <https://orcid.org/0009-0005-1908-1415>; H. Hernández: <https://orcid.org/0000-0002-0569-8888>; J.A. Abecia: <https://orcid.org/0000-0003-2827-3054>

perdieron el embrión entre los días 45 y 58; una fue diagnosticada pseudogestante a los 58 días y dos abortaron a los 95 y 129 días de gestación. **Implicaciones.** Estos resultados muestran que, en las cabras expuestas a los machos cabríos sexualmente activos se reduce la fertilidad al parto, muy probablemente, por la baja condición corporal que tenían las hembras. Una complementación alimenticia podría mejorar la fertilidad de las hembras expuestas al efecto macho. **Conclusión.** Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que el retornar al anestro, las pérdidas embrionarias y los abortos reducen la fertilidad de las cabras sometidas al efecto macho durante el anestro estacional.

Palabras clave: caprinos; efecto macho; estro; ovulación; pérdidas post-implantación.

INTRODUCCIÓN

Los caprinos de razas originarias o adaptadas a latitudes subtropicales presentan estacionalidad de su actividad sexual. En el subtrópico mexicano, la estación sexual de las cabras inicia en septiembre y termina en febrero, mientras que, en los machos cabríos, la estación sexual inicia en junio y termina en diciembre (Delgadillo *et al.*, 1999, Duarte *et al.*, 2008). Esta estacionalidad sexual es sincronizada principalmente por los cambios anuales del fotoperiodo (Delgadillo *et al.*, 2004, Duarte *et al.*, 2010). Sin embargo, las interacciones sociosexuales pueden modificar profundamente esta estacionalidad. En efecto, la introducción de un macho cabrío en un grupo de cabras en anestro estacional puede estimular y sincronizar las actividades estral y ovulatoria (Shelton, 1960, Chemineau, 1983, Pellicer-Rubio *et al.*, 2016). A este fenómeno se le conoce como "efecto macho" (Shelton, 1960, Delgadillo *et al.*, 2002). De las cabras que responden al efecto macho, un alto porcentaje ovula de 3 a 5 días después de exponerlas a los machos, y un número variable de estas ovulaciones se asocian a un comportamiento estral (Ott *et al.*, 1980, Chemineau, 1983). La mayoría de las ovulaciones son seguidas de una fase luteal de corta duración de 3 a 8 días. Después, una segunda ovulación asociada generalmente con la manifestación de comportamiento estral ocurre de 6 a 9 días (Ott *et al.*, 1980, Walkden-Brown *et al.*, 1999). La respuesta sexual de las hembras depende de la actividad sexual desplegada por los machos. Los machos inducidos a una intensa actividad sexual ("machos sexualmente activos") en el periodo de reposo al someterlos a tratamientos fotoperiódicos, son más eficaces que los machos no tratados ("machos sexualmente inactivos") para reiniciar las actividades sexual y reproductiva de cabras durante el anestro estacional (Chasles *et al.*, 2016, Zarazaga *et al.*, 2019). En efecto, más del 90% de las cabras expuestas a los machos sexualmente activos presentan celo y ovulan, mientras que menos del 15% lo hacen al ser expuestas a machos sexualmente inactivos (Delgadillo *et al.*, 2002).

A pesar de la alta proporción de cabras que responden a los machos sexualmente activos, solo alrededor del 75% de ellas llegan al parto. Sin embargo, no existe ningún estudio que indique cuáles son los factores probables que disminuyen la fertilidad de las cabras expuestas a los machos

sexualmente activos. Es probable que la diferencia entre la respuesta sexual y la fertilidad al parto se deba, en parte, a que alrededor del 15 % de las cabras estimuladas presentan celo y ovulan, pero no se gestan y retornan al anestro (Araya *et al.*, 2016, Aroña *et al.*, 2023). Otra posibilidad es que algunas hembras sean fertilizadas, que ocurra una mortalidad embrionaria temprana y que retornen al anestro (Abecia *et al.*, 2006, Brooks *et al.*, 2014). Finalmente, las pseudogestaciones o abortos contribuyen a reducir la fertilidad al parto (Wittek *et al.*, 1997, Maia *et al.*, 2018). Considerando que los factores antes mencionados pueden reducir la fertilidad, el objetivo de este estudio fue determinar la respuesta estral y ovulatoria, así como la tasa de gestación y la evolución de ésta en las cabras expuestas al efecto macho utilizando machos cabríos sexualmente activos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones generales del estudio

En el presente estudio se utilizaron cabras locales de la Comarca Lagunera del Estado de Coahuila, México (Latitud, 26°23' N y Longitud, 104°47' O). Esta Comarca se caracteriza por tener clima seco con una precipitación promedio anual de 266 mm (rango de 163 a 504 mm). La época de lluvia ocurre generalmente de junio a septiembre. Las temperaturas promedio anuales máximas y mínimas son de 37° C entre mayo y agosto y de 6° C entre diciembre y enero, respectivamente. En las cabras de esta localidad, la época de reposo sexual se presenta de marzo a agosto y en los machos de enero a abril (Delgadillo *et al.*, 1999, Duarte *et al.*, 2008). En este estudio, los machos y hembras se mantuvieron en estabulación y se alimentaron diariamente con 1.5 kg de heno de alfalfa (18% de proteína cruda) y 200 g de concentrado comercial (14% de proteína cruda y 1.7 Mcal/kg) para cada animal. El agua y sales minerales fueron proporcionadas a libre acceso.

Tratamiento fotoperiódico para estimular la actividad sexual de los machos cabríos

Se utilizaron tres machos cabríos que fueron alojados en corrales abiertos de 6 x 6 m. Estos machos se sometieron a 2.5 meses de días largos (16 h de luz por día) a partir del 1 de noviembre. A partir del 16 de enero, los machos se expusieron a las variaciones naturales del fotoperiodo hasta el fin

del estudio. Este tratamiento luminoso permite que los machos desplieguen intensa actividad sexual en marzo y abril, durante el reposo sexual natural (Delgadillo *et al.*, 2002).

Cabras expuestas al efecto macho

Se utilizaron 29 cabras que tenían una condición corporal de 1.3 ± 0.05 (1 = muy delgada, 4 = obesa; Walkden-Brown *et al.*, 1997) y una producción láctea diaria de 0.6 ± 0.05 kg al inicio del experimento. Estas hembras se alojaron en un corral sombreado de 6 x 6 m. La anovulación de las cabras se determinó mediante ecografías transrectales realizadas 22 (7 de marzo), 16 y 8 días antes de exponerlas a los machos utilizando un equipo Aloka SSD 500 y una sonda de 7.5 MHz. La ausencia de cuerpos lúteos en las tres ecografías fue el criterio para declarar a una hembra en anovulación estacional. Las cabras se ordeñaban manualmente una vez por día. El 29 de marzo (Día 0) a las 9:00 h, los machos se introdujeron en el grupo de hembras, permaneciendo con ellas 15 días. Los machos no portaban arnés y podían copular con las hembras. A partir del día 16 del estudio (13 de abril), dos de los tres machos se retiraron y uno de ellos permaneció con las hembras el resto del estudio. Este macho estuvo provisto de un arnés ventral para evitar las copulaciones.

Variables determinadas

La actividad estral se determinó diariamente a las 8:00 h y 18:00 h por 60 min durante los primeros 15 días del estudio. A partir del día 16 y hasta el término del estudio, el estro se determinó diariamente a las 18:00 h, utilizando el macho provisto del arnés ventral. Una hembra se consideró en celo cuando permanecía inmóvil al ser montada por el macho (Chemineau *et al.*, 1992). La cópula fue controlada, y las hembras fueron copuladas por los machos al menos en dos ocasiones cada vez que presentaron celo. Para ello, la hembra copulada era retirada momentáneamente del hato hasta terminar el control del empadre. Las ovulaciones se determinaron por la presencia de al menos un cuerpo lúteo a través de ecografías transrectales a los 6 y 22 días después que las hembras se expusieron a los machos. Solamente en dos hembras detectadas en estro 5 y 6 días después de la introducción de los machos, las ovulaciones se determinaron los días 10 y 11, respectivamente. Se determinaron el porcentaje de hembras en estro, el intervalo entre la introducción de los machos y el inicio del primer estro, así como la proporción de ciclos cortos (< de 17 días; Chemineau *et al.*, 1992). Las gestaciones se determinaron por ecografía transrectal 38 días postintroducción de los machos. Posteriormente, las ecografías se realizaron a los 45, 58 y 72 días postintroducción de los machos para registrar la evolución de la gestación. La

fertilidad (hembras paridas/hembras expuestas a los machos) y prolificidad (número de crías nacidas/hembras paridas) se determinaron al parto.

Análisis estadísticos

La proporción de asociación estro y ovulación se comparó entre dos periodos de actividad sexual, el primero del día 0 (día de la introducción del macho) al día 5 postintroducción, y el segundo, del día 6 al 22 postintroducción. La proporción de hembras gestantes registrada entre los 26 y 60 días se comparó mediante la prueba de χ^2 . Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SYSTAT 13 (2009). Los resultados se expresan en porcentajes o promedio \pm error estándar del promedio.

RESULTADOS

Respuesta sexual de las cabras al efecto macho

Todas las cabras (29/29) se detectaron en celo al menos en una ocasión durante los primeros 22 días después de la introducción de los machos (Figura 1), y 28 de ellas ovularon al menos una vez en este mismo periodo (Tabla 1). El tiempo promedio transcurrido desde la introducción de los machos y la aparición del primer celo fue de 4.0 ± 0.6 días. La mayoría de las cabras (20/29) presentaron ciclos estrales de corta duración (5.5 ± 0.3 días), y sólo una hembra presentó un ciclo estral de duración normal de 17 días, siendo detectada en celo 2 y 18 días después de la introducción de los machos.

Gestación, fertilidad al parto y prolificidad

La mayoría (23/29) de las cabras se diagnosticaron gestantes 38 días después de la introducción de los machos, y esta proporción no difirió de la registrada a los 72 días (18/29; $P = 0.09$). De las hembras diagnosticadas gestantes, parieron 16 y tuvieron una prolificidad de 1.3 ± 0.1 .

Retorno al anestro, pérdidas embrionarias, pseudogestación y abortos

De las 13 cabras que no parieron, seis retornaron al anestro después de haber presentado celos asociados o no con ovulaciones en los 22 días posteriores a la introducción de los machos. De las 23 hembras diagnosticadas gestantes a los 38 días, cuatro perdieron el embrión entre el día 45 y 58, y dos abortaron a los 95 días y 129 días de gestación. Finalmente, después de haber sido diagnosticada gestante a los 38 días, una hembra fue diagnosticada pseudogestante (acumulación de líquido en el lumen uterino) a los 58 días de gestación.

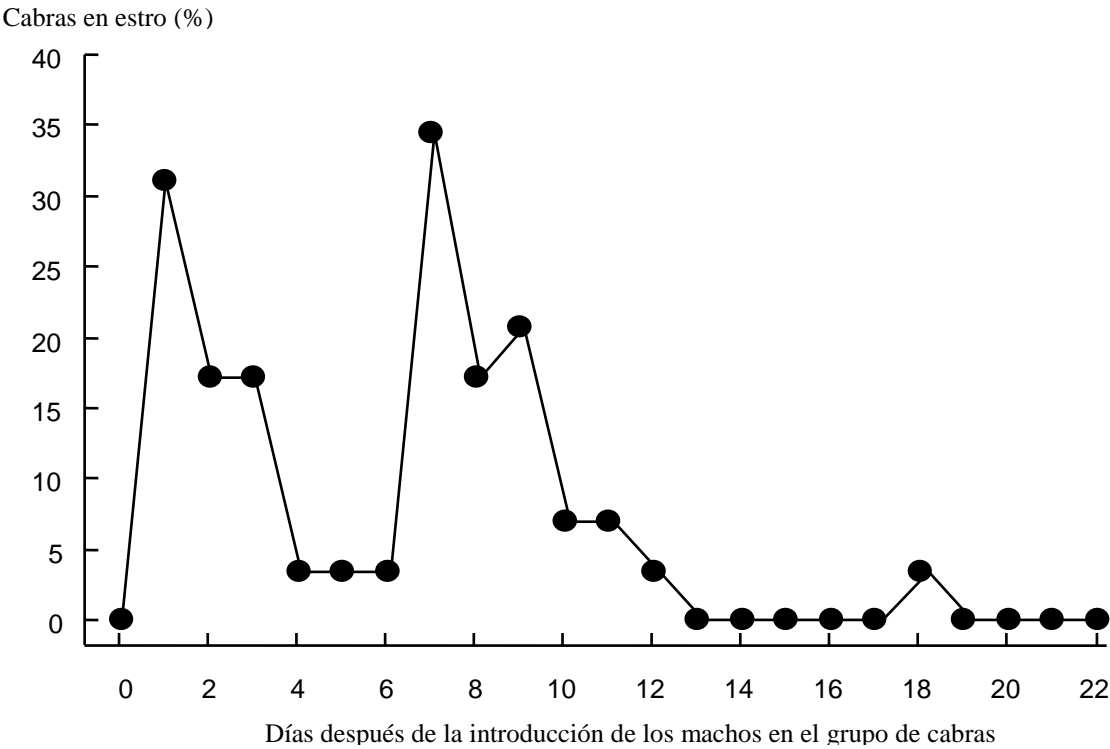


Figura 1. Porcentajes de cabras detectadas en estro después de exponerlas a los machos cabríos sexualmente activos. Los machos se introdujeron el día 0.

Tabla 1. Respuestas estral y ovulatoria de las cabras expuestas a los machos cabríos sexualmente activos.

Asociación estro-ovulación	0-5 días	6-22 días
Celo con ovulación	48% (14/29) a	97% (28/29) b
Ovulación sin celo	17% (5/29) a	0% (0/29) b
Celo sin ovulación	24% (7/29) a	3% (1/29) b
Sin celo ni ovulación	10% (3/29) a	0% (0/29) a

Diferente literal dentro de la misma hilera indica diferencia significativa (P < 0.05)

DISCUSIÓN

En las condiciones del presente estudio, el retorno al anestro, las pérdidas embrionarias, la pseudogestación y los abortos redujeron drásticamente la fertilidad de las cabras sometidas al efecto macho. Desde un punto de vista práctico, estos resultados son importantes porque describen, por primera vez, que además del retorno al anestro, los factores antes mencionados reducen la fertilidad de las cabras expuestas a los machos cabríos sexualmente activos.

En el presente estudio, todas las hembras presentaron estro y la mayoría ovuló al menos una vez, lo que confirma la eficacia de los machos cabríos sexualmente activos para estimular las actividades sexual y reproductiva de las cabras durante el anestro estacional. Además, las características de la respuesta sexual registradas en el presente estudio coinciden con las reportadas en cabras expuestas a machos sexualmente activos

(Delgadillo *et al.*, 2002, Chasles *et al.*, 2016, Zarazaga *et al.*, 2019). Aunque todas las hembras presentaron celo y la mayoría ovuló, 6 retornaron al anestro, lo que coincide con lo reportado por otros autores en cabras expuestas al efecto macho (Ott *et al.*, 1980, Chemineau, 1983, Araya *et al.*, 2016). El retorno al anestro podría explicarse por dos hipótesis no excluyentes: i) En el presente estudio no se pudo determinar si existió mortalidad embrionaria temprana, es decir, en los primeros 21 días de gestación. Sin embargo, la proporción de hembras que retornaron al anestro coincide con lo reportado en cabras expuestas a machos vasectomizados sexualmente activos (Delgadillo *et al.*, 2015, Aroña *et al.*, 2023), lo que indica que la fertilización no es necesaria para que las hembras retornen al anestro. Por tanto, es muy probable que el retorno al anestro sea una respuesta individual a la presencia del macho (Delgadillo *et al.*, 2015, Aroña *et al.*, 2023); ii) otra posibilidad es que las hembras se hayan vuelto insensibles a los estímulos emitidos por los machos con los que permanecieron

en contacto durante 72 días. En efecto, existen evidencias de que algunas cabras retornan al anestro debido, muy probablemente, a que se vuelven insensibles a la presencia permanente de los mismos machos (Araya *et al.*, 2016, Aroña *et al.*, 2023). Por tanto, sin conocer los mecanismos que lo determinan, el retorno al anestro es un factor que reduce la fertilidad de las cabras sometidas al efecto macho.

En el presente estudio, 4 hembras tuvieron pérdidas embrionarias, lo que influyó también en la disminución de la fertilidad de las cabras expuestas al efecto macho. En rumiantes existen evidencias de que la subnutrición provoca una baja condición corporal e incrementa la mortalidad embrionaria (Abecia *et al.*, 2006, Ashworth *et al.*, 2009). En nuestro estudio, por tanto, es muy probable que la baja condición corporal de las hembras haya provocado las pérdidas embrionarias. Efectivamente, en las hembras con baja condición corporal se incrementan los ovocitos y embriones con anormalidades, se reducen los receptores del endometrio a la progesterona y/o la concentración de esta hormona en el útero, y se altera la señal del reconocimiento maternal de la gestación, lo que aumenta la mortalidad embrionaria (Lozano *et al.*, 2003, Sosa *et al.*, 2006, de Brun *et al.*, 2016). Es interesante indicar que solo una hembra fue detectada pseudogestante 20 días después de haber sido diagnosticada gestante. Este resultado indica que la pseudogestación se estableció, muy probablemente, después de ocurrida la muerte embrionaria (Ashworth *et al.*, 2009, Brooks *et al.*, 2014). En efecto, si el embrión muere una vez que se estableció el reconocimiento materno de la preñez, no se produce la luteólisis y se acumula líquido en el lumen uterino ocasionando pseudogestación (Wittek *et al.*, 1997, Maia *et al.*, 2018). Finalmente, 2 hembras abortaron, y no pudimos determinar la (s) causa(s) de estos abortos. Es importante mencionar que la presencia del macho en el grupo de hembras gestantes se ha asociado a la ocurrencia de pérdidas embrionarias y abortos en el rebaño, lo que probablemente ocurrió en nuestro estudio. La proporción de hembras con pérdidas post-implantación del presente estudio concuerdan con los resultados obtenidos en cabras empadradas durante la estación sexual natural o sincronizadas con progestágenos y gonadotropina coriónica equina (Wittek *et al.*, 1997, Ortega-Pacheco *et al.*, 2002, Maia *et al.*, 2018). En su conjunto, estos hallazgos indican que las pérdidas embrionarias, la pseudogestación y los abortos reducen la fertilidad de las hembras expuestas al efecto macho.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio permiten concluir que el retorno al anestro, las pérdidas embrionarias, los abortos y la pseudogestación son factores que reducen la fertilidad de las cabras

sometidas al efecto macho durante el anestro estacional.

Acknowledgements

We thank to Alejandro Sandoval for facilitating the female goats used in the present study. We are also grateful to R. Rivas-Muñoz for his technical assistance.

Funding. This study did not receive any funding.

Conflict of interest. The authors have no conflict of interest to declare.

Compliance with ethical standards. The experimental procedures used in the current study followed the technical specifications of the Official Mexican Rule for the production, care, and use of laboratory animals (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2001).

Data availability. The data that support the findings of this study are available from the corresponding author (joaldesa@yahoo.com) upon reasonable request.

Author contribution statement (CRediT). **J.A. Delgadillo** - Conceptualization, Supervision, Resources and Project administration; **D. López-Magaña** - Methodology and Data curation; **H. Hernández** - Conceptualization, Methodology and Formal analysis; **J.A. Abecia** - Conceptualization and Methodology; all authors participated in the Writing - original draft and Writing - review & editing.

REFERENCIAS

- Abecia, J.A., Sosa, C., Forcada, F. and Meikle, A., 2006. The effect of undernutrition on the establishment of pregnancy in the ewe. *Reproduction, Nutrition and Development*, 46, pp. 367-378. <https://doi.org/10.1051/rnd:2006018>
- Araya, J., Bedos, M., Duarte, G., Hernández, H., Keller, M., Chemineau, P. and Delgadillo, J.A., 2016. Maintaining bucks over 35 days after a male effect improves pregnancy rate in goats. *Animal Production Science*, 57, pp. 2066-2071. <https://doi.org/10.1071/AN16194>
- Aroña, R.M., Muñoz, A.L., Hernández, H., Ungerfeld, R., Keller, M., Chemineau, P. and Delgadillo, J.A., 2023. Seasonally anestrous goats mated by sexually active bucks can become refractory to the presence of bucks. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26, #01. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4403>
- Ashworth, C.J., Toma, L.M. and Hunter, M.G., 2009. Nutritional effects on oocyte and embryo development in mammals:

- implications for reproductive efficiency and environmental sustainability. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, pp. 3351-3361.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0184>
- Brooks, K., Burns G. and Spencer T.E., 2014. Conceptus elongation in ruminants: roles of progesterone, prostaglandin, interferon tau and cortisol. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5, p. 53.
<http://www.jasbsci.com/content/5/1/53>
- Chasles, M., Chesneau, D., Moussu, C., Delgadillo, J.A., Chemineau, P. and Keller, M., 2016. Sexually active bucks are efficient to stimulate female ovulatory activity during the anestrus season also under temperate latitudes. *Animal Reproduction Science*, 168, pp. 86-91.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.02.030>
- Chemineau, P., 1983. Effect on oestrus and ovulation of exposing Creole goats to the male at three times of the year. *Journal of Reproduction and Fertility*, 67, pp. 65-72.
<http://doi.org/10.1530/jrf.0.0670065>
- Chemineau, P., Daveau, A., Maurice, F. and Delgadillo, J.A., 1992. Seasonality of estrus and ovulation is not modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Ruminant Research*, 8, pp. 299-312.
[http://doi.org/10.1016/0921-4488\(92\)90211-L](http://doi.org/10.1016/0921-4488(92)90211-L)
- De Brun, V., Meikle, A., Fernández-Foren, A., Forcada, F., Palacín, I., Menchaca, A., Sosa, C. and Abecia, J.A., 2016. Failure to establish and maintain a pregnancy in undernourished recipient ewes is associated with a poor endocrine milieu in the early luteal phase. *Animal Reproduction Science*, 173, pp. 80-86.
<http://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.08.016>
- Delgadillo, J.A., Canedo, G.A., Chemineau, P., Guillaume, D. and Malpaux, B., 1999. Evidence for an annual reproductive rhythm independent of food availability in male creole goats in subtropical northern Mexico. *Theriogenology*, 52, pp. 727-737.
[https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(99\)00166-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00166-1)
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Véliz, F.G., Hernández, H., Duarte, G., Vielma, J., Poindron, P., Chemineau, P. and Malpaux, B., 2002. Induction of sexual activity in lactating anovulatory female goats using male goats treated only with artificially long days. *Journal of Animal Science*, 80, pp. 2780-2786. <https://doi.org/10.2527/2002.80112780x>
- Delgadillo, J.A., Cortez, M.E., Duarte, G., Chemineau, P. and Malpaux, B., 2004. Evidence that the photoperiod controls the annual changes in testosterone secretion, testicular and body weight in subtropical male goats. *Reproduction, Nutrition and Development*, 44, pp. 183-193.
<https://doi.org/10.1051/rnd:2004024>
- Delgadillo, J.A., Flores, J.A., Hernández, H., Poindron, P., Keller, M., Fitz-Rodríguez, G., Duarte, G., Vielma, J., Fernández, I.G. and Chemineau, P., 2015. Sexually active males prevent the display of seasonal anestrus in female goats. *Hormones and Behavior*, 69, pp. 8-15.
<https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2014.12.001>
- Duarte, G., Flores, J.A., Malpaux, B. and Delgadillo, J.A., 2008. Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology*, 35, pp. 362-370.
<https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2008.07.005>
- Duarte, G., Nava, M.P., Malpaux, B. and Delgadillo, J.A., 2010. Ovulatory activity of female goats adapted to the subtropics is responsive to photoperiod. *Animal Reproduction Science*, 120, pp. 65-70.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.04.004>
- Lozano, J.M., Lonergan, P., Boland, M.P. and O'Callaghan, D., 2003. Influence of nutrition on the effectiveness of superovulation programmes in ewes: effect on oocyte quality and post-fertilization development. *Reproduction*, 125, pp. 543-553.
<http://doi.org/10.1530/rep.0.12500543>
- Maia, A.L.R.S., Brandao, F.Z., Souza-Fabjan, J.M.G., Veiga, M.O., Balaro, M.F.A., Siqueira, L.G.B., Facó O. and Fonseca J.F., 2018. Hydrometra in dairy goats: Ultrasonic variables and therapeutic protocols evaluated during the reproductive season. *Animal Reproduction Science*, 197, pp. 203-211.
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.08.030>
- Ortega-Pacheco, A., Torres-Acosta, J.F.J., Aguilar-Caballero A.J. and Ramón-Ugalde, J.P., 2002. Fertilidad y fallas reproductivas en un rebaño de cabras criollas en el trópico subhúmedo, sincronizadas con esponjas vaginales. *Revista Biomédica*, 13, pp. 179-184.
<https://doi.org/10.32776/revbiomed.v13i3.315>
- Ott, R.S., Nelson, D.R. and Hixon, J.E., 1980. Effect of presence of the male on initiation of

- estrous cycle activity of goats. *Theriogenology*, 13, pp. 183-190. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(80\)90127-2](https://doi.org/10.1016/0093-691X(80)90127-2)
- Pellicer-Rubio, M.T., Leboeuf, B., Bernelas, D., Forgerit, Y., Pougard, J.L., Bonné, J.L., Senty, E. and Chemineau, P., 2007. Highly synchronous and fertile reproductive activity induced by the male effect during deep anoestrus in lactating goats subjected to treatment with artificially long days followed by a natural photoperiod. *Animal Reproduction Science*, 98, pp. 241-58. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.03.002>
- Shelton, M., 1960. Influence of the presence of a male goat on the initiation of oestrous cycling and ovulation of Angora does. *Journal of Animal Science*, 19, pp. 368-375. <http://doi.org/10.2527/jas1960.192368x>
- Sosa, C., Abecia, J.A., Forcada, F., Vinales, C., Tasende, C., Valares, J.A., Palacin, I., Martin, G.B. and Meikle, A., 2006. Effect of undernutrition on uterine progesterone and oestrogen receptors and on endocrine profiles during the ovine oestrous cycle. *Reproduction, Fertility and Development*, 18, 447-458. <http://doi.org/10.1071/rd05138>
- System Statistics 2009. Cranes Software International Ltd., San Jose, CA, USA.
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Scaramuzzi, R.J., Martin, G.B. and 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, pp. 239-252. [http://doi.org/10.1016/s0921-4488\(97\)00017-5](http://doi.org/10.1016/s0921-4488(97)00017-5)
- Walkden-Brown, S.W., Martin, G.B., Restall, B.J., 1999. Role of male-female interaction in regulating reproduction in sheep and goats. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement*, 52, pp. 243-257. <https://www.bioscioproceedings.org/bp/0004/bp0004rdr19.pdf>
- Wittek, T., Richter, A., Erices J. and Elze, K., 1997. Incidence, diagnosis, therapy and subsequent fertility in goats with hydrometra. *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere*, 25, pp. 576-582.
- Zarazaga, L.A., Gatica, M.C., Hernández, H., Chemineau, P., Delgadillo, J.A. and Guzmán, J.L., 2019. Photoperiod-treated bucks are equal to melatonin-treated bucks for inducing reproductive behaviour and physiological functions via the “male effect” in Mediterranean goats. *Animal Reproduction Science*, 202, pp. 58-64. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.01.008>