



Received: Jan 20, 2025 / Accepted: Feb 16, 2025

Artículo Original

Progesterona post inseminación y eficiencia reproductiva en un establo lechero de Huaura, Perú

Post insemination progesterone and reproductive efficiency in a dairy herd of Huaura, Peru

B. Quiñonez-Córdova¹ , J. Vega-Vilca¹ , C. Velásquez-Vergara^{1*} 



<https://doi.org/10.51431/par.v7i1.1016>

Resumen

Objetivo: Evaluar el impacto de la aplicación de progesterona en el día 16 post inseminación, sobre la tasa de concepción y días abiertos. **Metodología:** se evaluaron 70 vacas de raza Holstein en su segundo parto, en dos grupos de 35 animales cada uno. Después de la primera inseminación, a un grupo se aplicó progesterona a los 16 días post inseminación (T₁), mientras que el otro grupo no recibió tratamiento hormonal y sirvió como control (T₀). Los datos se analizaron mediante la prueba de Chi-cuadrado y t-Student. **Resultados:** No se encontró una asociación significativa ($p > 0,05$) entre preñez y la aplicación de progesterona a los 16 días post inseminación. Además, no se observó diferencias significativas ($p > 0,05$) en el intervalo de días abiertos. **Conclusión:** la aplicación de progesterona en el día 16 post inseminación no tuvo impacto sobre la eficiencia reproductiva en el establo lechero evaluado.

Palabras clave: vaca, mortalidad embrionaria, tratamiento hormonal, tasa de concepción.

Abstract

Objective: to evaluate the impact of the application of progesterone on day 16 post-insemination, on conception rate and days open. **Methodology:** 70 Holstein cows in their second calving were evaluated in two groups of 35 animals each. After the first insemination, progesterone was applied to one group 16 days after insemination (T₁), while the other group did not receive hormonal treatment and served as a control (T₀). Data were analyzed by the Chi-square and t-Student test. **Results:** No significant association ($p > 0.05$) was found between pregnancy and progesterone application at 16 days post-insemination. In addition, no significant differences ($p > 0.05$) were observed in days open. **Conclusion:** The application of progesterone at day 16 post-insemination had no impact on reproductive efficiency in the dairy herd evaluated.

Key words: cow, embryonic mortality, hormonal treatment, conception rate

¹Escuela de Profesional de Ingeniería Zootécnica, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú.

²Docente adscrito al Departamento de Zootecnia, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú.

³Docente adscrito al Departamento de Zootecnia, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú.

Introducción

En nuestro país, la producción de leche presenta un crecimiento anual sostenido de 2 %. De 1 200 000 litros producido hace 20 años, en el 2021 se incrementó a 2 184 935 litros (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2021). Las cuencas lecheras de Cajamarca, Lima y Arequipa son las principales regiones responsables del 64% de la producción de leche (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017).

En los establos lecheros, uno de los problemas más importantes es la baja tasa de concepción, debido principalmente a la mortalidad embrionaria elevada, lo que conlleva a una pérdida de rentabilidad para el productor lechero. Según Diskin & Morris, (2008), después de la inseminación, entre el 80 al 90 % de los ovocitos son fecundados. Sin embargo, un alto porcentaje muere antes de los 16 días posteriores a la inseminación lo que origina pérdidas durante la gestación que varían entre 41 a 57 %. Esta mortalidad ocurre antes del reconocimiento maternal de la preñez (Mann & Lamming, 1999; Szenci, 2021).

Las causas de esta mortalidad están relacionadas con los niveles de progesterona después de la fecundación; concentraciones demasiado bajas afectaría la supervivencia embrionaria (Diskin & Morris, 2008). Esta deficiencia de progesterona se relaciona a múltiples factores, como: alta producción de leche, sistema de producción, estrés calórico e inmunológico, entre otros.

La producción de leche se relaciona con la mortalidad embrionaria. En vacas lecheras de alta producción la mortalidad es de 20 a 50 % en la primera semana de gestación y del 30 % (25-41 %), entre la segunda a cuarta semana (Wiltbank et al., 2016). La elevada mortalidad se relaciona al balance energético negativo durante las cuatro semanas posteriores al parto, que afecta la secreción de progesterona, la concepción y la supervivencia del embrión (Noya et al., 2019).

El sistema de crianza influye en la mortalidad embrionaria en vacas lecheras. En sistemas de pastoreo, las vacas tienen un 20 % menos de pérdidas embrionarias en comparación con las de sistemas intensivos (Diskin et al., 2006). Las pérdidas son menores en vacas con campañas lácteas de 6000 a 8000 litros y crianza en pastoreo (Silke et al., 2002), pero aumentan en aquellas con campañas superiores a 10 000 litros

y criadas de manera intensiva (Cartmill et al., 2001).

Durante el verano, la probabilidad de fallas en la concepción aumenta entre un 13 % y un 19 % en comparación con el invierno (Nanas et al., 2021). Esta situación se debe al estrés calórico, que causa insuficiencia lútea y afecta la secreción de progesterona, provocando la mortalidad embrionaria temprana. Además, el estrés calórico provoca anomalías cromosómicas en el ovocito, lo que resulta en un desarrollo embrionario anormal después de la fecundación (Thatcher et al., 1994).

La estimulación del sistema inmunitario por diversos procesos inflamatorios tras la fecundación afecta la supervivencia embrionaria. La infección de la glándula mamaria o del útero se asocia con una reducción de la preñez en vacas. Aunque el mecanismo no está completamente claro, se cree que la activación de las citoquinas ejerce efectos tóxicos sobre el cuerpo lúteo, lo que provoca la pérdida del embrión (Hansen et al., 2004). Además, los procesos inmunológicos que ocurren durante el desarrollo inicial del embrión, son fundamentales para una relación equilibrada entre la interleucina 6 (IL-6) y el factor inhibidor de la leucemia (LIF), secretados tanto por el embrión como por el endometrio uterino, para garantizar la implantación del embrión (Campanile et al., 2021).

La aplicación de progesterona es un tratamiento que contribuye a mejorar la sobrevivencia embrionaria (Forro et al., 2011; Mann & Lamming, 2001; Stronge et al., 2005). Existen dos formas de aplicación: temprana (5-9 días post inseminación) y tardía (10-18 días después). La eficacia se ve afectada por múltiples factores que afectan la concepción de las vacas (Stevenson et al., 2007). Estos incluyen, el momento y la duración del tratamiento (Forro et al., 2011), la concentración óptima de progesterona en los distintos días de la gestación temprana (Stronge et al., 2005), la condición corporal de la vaca (Wathes et al., 2007) y el metabolismo hepático elevado de progesterona en vacas lecheras de alta producción (Inskeep, 2004).

La evaluación de los tratamientos con progesterona, presenta resultados variables (Lonergan & Sánchez, 2020). Los estudios realizados no demuestran a cabalidad cuál de los tratamientos es el que mejora la tasa de

concepción de manera consistente. Por esta razón, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto la aplicación de progesterona a los 16 días post inseminación sobre la tasa de concepción y los días abiertos.

Metodología

Ubicación

El estudio se realizó de mayo a julio del 2018, en un establo lechero particular ubicado en el Centro Poblado Medio Mundo, distrito de Végueta, provincia de Huaura, Región Lima, Perú (Figura 1), coordenadas geográficas [11°04'10"S77°35'59"O](#) a una altitud de 50 m s. n. m. La temperatura promedio del lugar de estudio es de 26 °C y la Humedad relativa de 85 % (Accuweather, 2018). El establo se conduce bajo

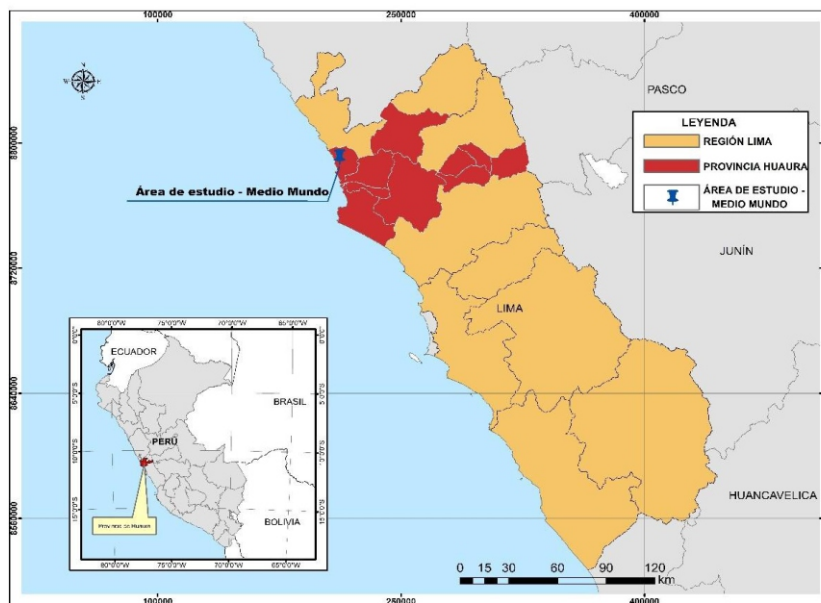
un sistema de crianza intensiva, cuenta con una población de 350 vacas de raza Holstein, un nivel de producción de 7000 L de leche por campaña; la alimentación es a base de maíz chala y concentrado.

Procedimiento

Se examinaron los registros individuales para identificar vacas en su segundo parto, que fueran aptas para el primer servicio de inseminación. Un total de 70 vacas fueron seleccionadas y divididas en dos grupos de 35 cada uno. A estos grupos se le asignaron los siguientes tratamientos, T₀: control, sin aplicación de progesterona y T₁: con aplicación de progesterona.

Figura 1

Ubicación del establo lechero, provincia de Huaura Lima Perú



Las vacas de ambos grupos fueron inseminadas al manifestar celo. Aquellas del grupo T₀ no recibieron ningún tratamiento posterior a la inseminación, mientras que las del grupo T₁ recibieron una sola aplicación de 2 mL de progesterona (Progestin ® 500 mg/mL) vía subcutánea, en el día 16 después de la inseminación. El diagnóstico de

gestación se realizó 45 días después de la inseminación mediante palpación rectal, llevada a cabo por el médico veterinario responsable del establo. Posteriormente, se recopilaron los datos para calcular la tasa de concepción (Ecuación 1) y los días abiertos (Ecuación 2).

$$\text{Tasa de concepción (\%)} = \frac{\text{Total vacas preñadas}}{\text{Total vacas inseminadas}} \times 100 \quad [1]$$

$$\text{Días abiertos} = \text{Fecha de concepción} - \text{Fecha de parto} \quad [2]$$

Análisis de los datos

Se utilizó la prueba de Chi-cuadrado para analizar la posible asociación entre preñez y tratamiento con progesterona. Para evaluar los días abiertos se empleó la prueba t-Student. Los datos se analizaron con el programa R (2024).

Resultados

La tasa de concepción fue similar estadísticamente entre ambos tratamientos ($p > 0.05$), es decir no existió asociación entre preñez y la aplicación de progesterona. Sin embargo, en la muestra de estudio se observó que el tratamiento con progesterona tuvo una tasa de concepción 11.5 % mayor en comparación al grupo control (Tabla 1).

Tabla 1

Tasa de concepción en vacas Holstein sin/con aplicación de progesterona¹ Huaura, Lima, Perú. 2018

Tratamiento	n	No Preñadas	Preñadas	% concepción	Intervalo de Confianza 95%
T0: Sin Progesterona	35	25	10	28,5	(14,64; 46,80)
T1: Con Progesterona	35	21	14	40,0	(23,87; 57,89)

¹Chi-cuadrado = 1,0145, valor- p = 0,3138

El intervalo de tiempo desde el parto hasta el primer servicio con gestación (días abiertos) fue inferior a los 100 días en ambos grupos, lo que sugiere un rendimiento reproductivo satisfactorio. No se observaron diferencias

significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$) (Tabla 2). Sin embargo, vacas tratadas con progesterona mostraron un ligero aumento de 5,73 días en comparación con el control.

Tabla 2

Días abiertos (promedio \pm desviación estándar) de vacas preñadas sin/con aplicación de progesterona. Huaura, Lima, Perú

Tratamiento	N	Días abiertos	Intervalo de Confianza 95%
T0: sin progesterona	10	90,70 \pm 31,40	(71,30; 109,67)
T1: con progesterona	14	96,43 \pm 27,07	(80,40; 112,46)

¹Valor de t = -0,48, valor- p = 0,637

Discusión

Los resultados de la investigación mostraron que la aplicación de progesterona a vacas, a los 16 días post inseminación no tuvo un impacto significativo en la tasa de concepción, que resultó ser similar en ambos tratamientos. La falta de eficacia del tratamiento podría estar relacionada con el momento de la lactación en que se administró la inyección de progesterona. En el estudio se utilizaron vacas en los primeros 100 días posparto, un período asociado con el balance energético negativo, lo cual podría haber afectado la función del cuerpo lúteo y reducido el potencial de los ovocitos para desarrollar embriones viables (Lonergan, 2011; Flores Jiménez et al., 2013).

El método de administración de progesterona pudo afectar los resultados

obtenidos. La aplicación subcutánea mostró un incremento del 11,5 %, mientras que investigaciones similares utilizando dispositivos vaginales con progesterona encontraron un aumento del 30 %, igualmente no significativos respecto al control (Robinson et al., 1989). Este mejor rendimiento con dispositivos vaginales se atribuye a la liberación prolongada de la progesterona, que mantienen niveles sanguíneos estables (Mann et al., 2006; de Graaff & Grimard, 2018). En contraste, las inyecciones de progesterona producen aumentos más rápidos pero de corta duración (Cerri et al., 2009; Lima et al., 2009). Por esta razón, algunos investigadores sugieren una segunda inyección de progesterona a las 48 horas para mantener niveles elevados y prolongados (Roque-Velásquez et al., 2016).

El momento de administración de progesterona post inseminación podría haber influido en la viabilidad del embrión. En el estudio, la aplicación a los 16 días post inseminación posiblemente contribuyó a una mayor sobrevivencia embrionaria, lo que podría explicar la mayor tasa de concepción superior en comparación al control. Resultados similares fueron reportados por Carter et al. (2008) y Clemente et al. (2009) quienes encontraron que las aplicaciones tardías de progesterona entre los 12 y 16 días, promovieron un mayor tamaño y sobrevivencia del embrión.

El intervalo entre el parto y la concepción, conocido como días abiertos, fue similar tanto en el tratamiento con progesterona y el grupo control, registrando ambos menos de 100 días. Esto sugiere un buen rendimiento reproductivo (Pritchard et al. 2013). Este resultado podría explicarse por las características del estudio, que incluyó exclusivamente vacas que quedaron preñadas en la primera inseminación. Este resultado contrasta con estudios que abarcan múltiples inseminaciones, donde los días abiertos tienden a ser más largos (Ortiz et al. 2009).

Conclusiones

La aplicación de progesterona en el día 16 post inseminación no mejoró la eficiencia reproductiva en el establo lechero evaluado.

Referencias

- AccuWeather, 2018. *Predicción meteorológica para Huacho, Lima, Perú*. <https://www.accuweather.com/es/pe/huacho/4634/weather-forecast/4634>
- Campanile, G., Baruselli, P. S., Limone, A., & D'Ochio, M. J. (2021). Local action of cytokines and immune cells in communication between the conceptus and uterus during the critical period of early embryo development, attachment and implantation – implications for embryo survival in cattle: A review. *Theriogenology*, 167, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.02.020>
- Cartmill, J. A., El-Zarkouny, S. Z., Hensley, B. A., Rozell, T. G., Smith, J. F., & Stevenson, J. S. (2001). An alternative AI breeding protocol for dairy cows exposed to elevated ambient temperatures before or after

calving or both. *Journal of Dairy Science*, 84, 799 - 806. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74536-5](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74536-5)

- Carter, F., Forde, N., Duffy, P., Wade, M., Fair, T., Crowe, M. A., Evans, A. C. O., Kenny, D. A., Roche, J. F., & Lonergan, P. (2008). Effect of increasing progesterone concentration from day 3 of pregnancy on subsequent embryo survival and development in beef heifers. *Reproduction, Fertility Development*, 20(3), 368-375. <https://doi.org/10.1071/RD07204>
- Cerri, R. L. A., Rutigliano, H. M., Bruno, R. G. S., & Santos, J. E. P. (2009). Progesterone concentration, follicular development and induction of cyclicity in dairy cows receiving intravaginal progesterone inserts. *Animal Reproduction Science*, 110(1-2), 56 - 70. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.12.005>
- Clemente, M., de La Fuente, J., Fair, T., Al Naib, A., Gutierrez-Adan, A., Roche J. F., Rizos, D., & Lonergan, P. (2009). Progesterone and conceptus elongation in cattle: a direct effect on the embryo or an indirect effect via the endometrium? *Reproduction*, 138(3), 507-517. <https://doi.org/10.1530/REP-09-0152>
- de Graaff, W., & Grimard, B. (2018). Progesterone-releasing devices for cattle estrus induction and synchronization: Device optimization to anticipate shorter treatment durations and new device developments. *Theriogenology*, 112, 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.09.025>
- Diskin, M. G., & Morris, D. G. (2008). Embryonic and early foetal losses in cattle and other ruminants. *Reproduction in Domestic Animals*, 43 (Suppl 2), 260-267. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01171.x>
- Diskin, M. G., Murphy, J. J., & Sreenan, J. M. (2006). Embryo survival in dairy cows managed under pastoral conditions. *Animal Reproduction Science*, 96(3-4), 297-311. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.008>
- Forro, A., Tsousis, G., Beindorf, N., Sharifi, R.,

- & Bollwein, H. (2011). Combined used of Ovsynch and progesterone supplementation after artificial insemination in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 95(8), 4372-4381. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-5196>
- Flores, O. A., Roque, C. I., López, R., Benítez, S., Oropeza, M. A., & Hernández, J. (2013). Porcentaje de concepción en vacas lecheras tratadas con progesterona cinco días después de la inseminación. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(4), 507-514. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/3204/2629>
- Forde, N., & Lonergan, P. (2017). Interferon-tau and fertility in ruminants. *Reproduction*, 154(5), F33-F43. <https://doi.org/10.1530>
- Hansen, P. J., Soto, P., & Natzke, R. (2004). Mastitis and fertility in cattle – possible involvement of inflammation or immune activation in embryonic mortality. *American Journal of Reproductive Immunology*, 51(4), 294-301. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0897.2004.00160.x>
- Inskeep, E. K. (2004). Preovulatory, postovulatory, and postmaternal recognition effects of concentrations of progesterone on embryonic survival in the cow. *Journal of Animal Science*, 82(13), E24-E39. http://dx.doi.org/10.2527/2004.8213_supplE24x
- Lima, J. R., Rivera, F. A., Narciso, C. D., Oliveira, R., Chebel, R. C., & Santos, J. E. P. (2009). Effect of increasing amounts of supplemental progesterone in a timed artificial insemination protocol on fertility of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(11), 5436-5446. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2134>
- Lonergan, P. (2011). Influence of progesterone on oocyte quality and embryo development in cows. *Theriogenology*, 76(9), 1594-1601. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.06.012>
- Lonergan, P., & Sánchez, J. M. (2020). Symposium review: Progesterone effects on early embryo development in cattle. *Journal of Dairy Science*, 3(9), 8698-8707. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18583>
- Mann, G. E., & Lamming, G. E. (1999). The influence of progesterone during early pregnancy in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 34(3-4), 269-274. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.1999.tb01250.x>
- Mann, G. E., & Lamming, G. E. (2001). Relationship between maternal endocrine environment, early embryo development and inhibition of the luteolytic mechanism in cows. *Reproduction*, 121(1), 175-180. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1210175>
- Mann, G. E., Fray, M. D., Lamming, G. E. (2006). Effects of time of progesterone supplementation on embryo development and interferon-s production in the cow. *The Veterinary Journal*, 171(3), 500-503. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.12.005>
- Mann, G. E., & Lamming, G. E. (2007). The influence of progesterone during early pregnancy in cattle. *Reproduction in Domestic Animals*, 34(3-4), 269-274. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.1999.tb01250.x>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2021). *Producción avícola y ganadera 2021*. https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/datos_estadisticas/anuarios/pecuaria/pecuaria_2021.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego [MIDAGRI]. (2021). *Estudio de la ganadería lechera en el Perú. Análisis de su estructura y propuestas de desarrollo*. <http://repositorio.minagri.gob.pe:80/jspui/handle/MINAGRI/73>
- Nanas, I., Chouzouris, T. M., Dovolou, E., Dadouli, K., Stamperna, K., Kateri, I., Barbagiani, M., & Amiridis, G. (2021). Early embryo losses, progesterone and pregnancy associated glycoproteins levels during summer heat stress in dairy cows. *Journal of Thermal Biology*, 98, Article 102951. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102951>
- Noya, A., Casasús, I., Rodríguez-Sánchez, J., Ferrer, J., & Sanz, A. (2019). A negative energy balance during the peri-

- implantational period reduces dam IGF-1 but does not alter progesterone or pregnancy-specific protein B (PSPB) or fertility in suckled cows. *Domestic animal endocrinology*, 72, 106418. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2019.106418>
- Ortiz, D., Camacho, J., & Echevarría, L. (2009). Parámetros reproductivos del ganado vacuno en la cuenca lechera de Lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 20(2), 196-202. <https://doi.org/10.15381/rivep.v20i2.606>
- Pritchard, T., Coffey, M., Mrode, R., & Wall, E. (2013). Genetic parameters for production, health, fertility and longevity traits in dairy cow. *Animal*, 7(1), 34-46. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001401>
- Robinson, N. A., Leslie, K. E., & Walton, J. S. (1989). Effect of treatment with progesterone on pregnancy rate and plasma concentrations of progesterone in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 72(1), 202-207. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79098-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79098-6)
- Roque-Velázquez, C. I., Montaldo-Valdenegro, H. H., Gutiérrez-Aguilar, C. G., & Hernández-Cerón, J. (2016). Efecto de una inyección única de progesterona, cinco días después de la inseminación, en la fertilidad de vacas lecheras. *Agrociencia*, 50(3), 287-296. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000300287&lng=es&tlng=es
- Silke, V., Diskin, M. G., Kenny, D. A., Boland, M. P., Dillon, P., Mee, J., & Sreenan, J. (2002). Extent, pattern and factors associated with late embryonic loss in dairy cows. *Animal Reproduction Science*, 71(1-2): 1-12. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(02\)00016-7](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(02)00016-7)
- Stevenson, J. S; Portaluppi, M. A., Tenhouse, D. E., Lloyd, A., Eborn, D. R., Kacuba, S., & DeJarnette, J. M. (2007). Interventions after artificial insemination: conception rates, pregnancy survival, and ovarian responses to gonadotropin releasing hormone, human chorionic gonadotropin, and progesterone. *Journal of Dairy Science*, 90(1), 331-340. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72634-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72634-6)
- Stronge, A. J. H., Sreenan, J. M., Dishin, M. G., Kenny, D. A., Morris, D. G. (2005). Post-insemination milk progesterone concentration and embryo survival in dairy cows. *Theriogenology*, 64(5),1212-1224. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.02.007>
- Silva, H. M., Wilcox, C. J., Thatcher, W. W., Becker, R. B., & Morse, D. (1992). Factors affecting day open, gestation length, and calving interval in Florida dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 75, 288-293. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(92\)77764-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(92)77764-9)
- Szenci, O. (2021). Recent Possibilities for the Diagnosis of Early Pregnancy and Embryonic Mortality in Dairy Cows. *Animals*, 11(6), 1066. <https://doi.org/10.3390/ani11061666>
- Thatcher, W. W., Macmillan, K. L., Hansen, P. J., & Bazer, F. W. (2021). *Embryonic losses: cause and prevention*. In MJ. Fields, & R. Sand (Eds). Factors affecting calf crop. 1st Edition. Boca Raton, USA. CRC Press.
- Wathes, D. C., Fenwick, M., Cheng, Z., Bourne, N., Llewellyn, S., Morris, D. G., Kenny, D. J., Murphy, J., & Fitzpatrick, R. (2007). Influence of negative energy balance on cyclicity and fertility in the high producing dairy cow. *Theriogenology*, 68(Suppl.1), S232-S241. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.04.006>
- Wiltbank, M., Baez, G., Garcia-Guerra, A., Toledo, M. Z., Monteiro, P. L. J., Melo, L. F., Ochoa, J. C., Santos, J. E. P., Sartori, R. (2016). Pivotal periods for pregnancy loss during the first trimester of gestation in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 86(1), 239-253. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.037>